Keimung von Gramineensamen in Medien verschiedener Wasserstoffionenkonzentration und die damit verbundenen Reaktionsveränderungen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Eberhard Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Fritz Aichele
Apotheker und Nahrungsmittelchemiker
aus Boll, O.-A. Göppingen (Württemberg)

AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT M.B.H.
Leipzig 1931

Von der Fakultät angenommen den 2. Juli 1931
Dekan: Professor Dr. Geiger
Referent: Professor Dr. Lehmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderdruck aus:
„Botanisches Archiv“, Band 33, Heft 3/4, 1931, Seite 406—500

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548004_0049

Einleitung

Über den Einfluß von Säuren und Basen auf die Keimung von Samen liegen zahlreiche Versuche vor. Was im besonderen über die Einwirkung der Titrierazidität („Azidität und Alkalität", bestimmt durch die Säure- oder Laugenmenge, welche notwendig ist, um den Umschlag eines zweckmäßigen Indikators auszulösen) auf die Keimung von Grassamen festgestellt wurde, ist vor kurzem von Lehmann und Aichele (1931, S. 378 ff.) zusammengestellt worden.

Wenig umfangreich sind aber die Keimungsuntersuchungen, welche unter Berücksichtigung der Wasserstoffionenkonzentration, also der wirklichen oder aktuellen Reaktion, d. h. unter Berücksichtigung der Konzentration an wirksamen H- und OH-Ionen, an Gramineensamen ausgeführt wurden. Aus älteren Untersuchungen, welche unter genauer Konzentrationsangaben auf die Titrierazidität basieren, lassen sich allerdings gewisse Schlüsse auf die Wirkung der Wasserstoffionen ziehen; genauere Angaben sind jedoch kaum möglich.

So habe ich es mir zur Aufgabe gemacht, die Keimungsverhältnisse unserer wichtigsten Zerealien und eines bekannten Wiesengrases, *Festuca arundinacea*, unter dem Einfluß verschiedener Mengen an Wasserstoff- und Hydroxylionen, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Reaktionsveränderung solcher Lösungen durch keimende Samen zu studieren.

Zum späteren Vergleich erscheint es jedoch notwendig, die auf die Titrierazidität sich beziehenden Untersuchungen für sich zuerst tabellarisch aufzuführen, während die älteren Untersuchungen, welche unter dem Gesichtspunkt der Wasserstoffionenkonzentration ausgeführt wurden, jeweils bei Erörterung der einzelnen Problemgruppen herangezogen werden sollen.

A. Rückblick auf Keimversuche, welche unter Zugrundelegung der Titrierazidität ausgeführt werden

Wenn wir einen Blick auf die Arbeiten, welche sich mit der Einwirkung von Säuren und Basen auf die Keimung von Grassamen beschäftigen, werfen, so ist zu ersehen, daß diese Forscher auf die verschiedenste Weise vorgingen. Einmal werden die Samen nur kürzere Zeit in den betreffenden Lösungen gequollen, um die Samen nachher unter normalen Verhältnissen zur Keimung auszusetzen, z. a. werden sie selbst in den Lösungen oder in Sand bzw. in Erde, welche mit den Lösungen durchtränkt sind, zur Keimung gebracht. Nach diesen verschiedenen Versuchsanordnungen sollen auch die folgenden Tabellen aufgestellt werden, wobei besonders der Beginn der Keimschädigung nach Einwirkungsdauer, Samenalter usw. besonders berücksichtigt werden soll.

1. Säuren.

Vorquellung in Säuren

Samenart	Säure	Konzentration Normallösung	Einwirkungsdauer	Keimfähigkeit	Autor
Weizen	HCl	1,0, 0,5, 0,2	25 Min.	Sichtl. Hemmung	Plaut (1925)
„	„	0,1	25 „	KeineSchädigung	„
Gerste	„	0,5, 0,25, 0,12	30 „	Keimhemmung	Traube und Marusawa (1916)
„	„	0,06	30 „	Förderung	
„ (neu) . .	H_2SO_4	0,25	15 „	Gering.Förderung	Kiessling (1911)
„	„	0,25	30 „	Wie o. Quellung	Traube und Marusawa (1916)
„	„	0,12, 0,06, 0,03	30 „	Förderung	
Weizen	„	1,0, 0,5, 0,2	25 „	Sichtl. Hemmung	Plaut (1925)
„	„	0,1	25 „	KeineSchädigung	„
Gerste (alt) . . .	H_3PO_4	0,5	30 „	5% Keimung	Traube und Marusawa (1916)
„	„	0,25, 0,12, 0,06	30 „	Förderung	
„	„	0,044, 0,022	15 Std.	Förderung	Gracanin (1928)
„	„	0,0022	15 „	Wenig gefördert	„
Roggen (alt) . .	„	0,088	15 „	Gering.Hemmung	„
„	„	0,044, 0,0044	15 „	Merkl. Förderung	„
„	„	0,0022	15 „	Gute Förderung	„
Hafer (alt) . . .	„	0,022	15 „	Förderung	„
„	„	0,0022	15 „	Wenig gefördert	„
Festuca arund.	„	0,044 bis 0,004	15 „	Wenig gefördert	„
Trisetum flav. .	„	0,044 bis 0,004	15 „	Wenig gefördert	„
Dactylis glom. .	„	0,044 bis 0,004	15 „	Wenig gefördert	„
Lolium perenne	„	0,044 bis 0,004	15 „	Stark gefördert	„
Gerste	H_3PO_2	0,12	30 Min.	Schädigung	Traube und Marusawa (1916)
„	„	0,06, 0,03	30 „	Förderung	
„	„	0,015	30 „	Hemmung	„

Samenart	Säure	Konzentration Normallösung	Einwirkungsdauer	Keimfähigkeit	Autor
Gerste	H_3BO_3	0,5, 0,25	30 Min.	Hemmung	Marusawa (1916)
„	„	0,12	30 „	Gering. Förderung	„
„	Propionsäure	0,12, 0,06, 0,03	30 „	Starke Schädig.	„
„	Oxalsäure	0,25, 0,12	30 „	Volle Keimung	„
„	„	0,06	30 „	Gering. Hemmung	„
„	Bernsteinsäure	0,25, 0,12	30 „	Gering. Hemmung	„
„	„	0,06	30 „	Gering. Förderung	„
„	Weinsäure	0,25, 0,12, 0,06	30 „	Hemmung	„
„	„	0,03	30 „	Gering. Förderung	„
„	Zitronensäure	1,0, 0,5	30 „	Hemmung	„
„	„	0,25, 0,12, 0,06	30 „	Förderung	„
Roggen	„	0,06	30 „	Förderung	„
„	Buttersäure	0,06	30 „	Starke Hemmung	„

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die Quellung in Säurelösungen je nach Konzentration fördernd auf die Keimung wirken kann. Die einzelnen Säuren verhalten sich jedoch recht verschieden. In höheren Konzentrationen wirken die anorganischen weniger schädlich als die organischen mit Ausnahme der Zitronensäure. Schwefel- und Phosphorsäure schädigen wiederum weniger als Salz-, Bor- und besonders als Unterphosphorige Säure. Propion-, Butter- und Weinsäure wirken dagegen in Konzentrationen von 0,03 n bereits hemmend auf die Keimung, während Zitronen-, Oxal- und Bernsteinsäure in Konzentrationen von 0,06 und darüber fördernden Einfluß ausüben. Traube und Marusawa (1916, S. 385) ordnen daher die Säuren nach dem Grade der Giftigkeit auf die Keimung der Gerste wie folgt: Propionsäure, Oxalsäure, Bernsteinsäure, Unterphosphorige Säure, Salzsäure, Weinsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Borsäure, Zitronensäure.

Besonders hervorzuhaben wäre auch die Förderung frisch geernteter Gerstensamen bei 15 Minuten währender Quellung in 0,25 n Schwefelsäure nach Kiessling 1911 und die Keimförderung alter Samen durch 15stündige Quellung in den aus der Tabelle zu ersehenden schwach normalen Lösungen von Phosphorsäure nach Gracanin (1928).

Keimung in Säurelösungen selbst erfolgt demnach, mit Ausnahme von Raygras in Schwefelsäure und Gerste in Ameisensäure, bei einer Konzentration von 0,01 n ohne besondere Schädigung. Hafer und *Chloris ciliata* keimten sogar in Lösungen über 0,02 n.

Direkte Keimung in Säurelösungen

Samenart	Säure	Konzentration Normallösung	Keimfähigkeit	Autor
Weizen . . .	H_2SO_4	0,02	Keine Keimung	Claudel u. Crochetelle (1896)
„ . . .	„	0,01	Keine Keimbeeinfl.	„
Gerste . . .	„	0,04	Keine Keimung	„
„ . . .	„	0,02	50% Keimung	„
„ . . .	„	0,01	Keine Keimbeeinfl.	„
„ . . .	„	0,01	Schwache Hemmung	Müller (1926)
Hafer	„	0,1 bis 0,4	Keine Keimung	Claudel u. Crochetelle (1896)
„	„	0,01 bis 0,02	Keine Keimbeeinfl.	„
Raygras . .	„	0,01	Keimhemmung	Müller (1926)
Chloris ciliata	HNO_3	0,1 bis 0,01	Förderung i. Dunkeln	Gassner (1915 S. 325)
Gerste . . ,	Ameisen-S.	0,0054	Wenig Hemmung	Bokorny (1913)
„ . . .	„	0,021	Keine Keimung	„
Roggen . . .	Essigsäure	0,00017 bis 0,017	Normale Keimung	Fassbänder u. Greviliuss (1899)
„ . . .	„	über 0,017	Schädigung	„

Im Vergleich zu den oben angeführten Quellversuchen ist besonders bemerkenswert, daß die Keimung in den Lösungen nur in ganz bedeutend niederen Konzentrationen möglich ist.

Direkte Keimung von Samen in mit Säurelösungen versetztem Sand

Samenart	Säure	Konzentration Normallösung	Keimfähigkeit	Autor
Weizen . . .	HCl	0,01	Gesteig. Keimenergie	Gehring u. Sander
„ . . .	„	0,05	Keimung geschädigt	„ (1923)
Gerste	„	0,04 bis 0,02	Schädigung	Onodera (1916)
„	„	0,01	Schwache Förderung	Gehring u. Sander
Weizen . . .	H_2SO_4	0,01 u. 0,015	Förderung	„
„	„	0,0075	„	Müller (1926)
„	„	0,01	95% Keimung	Lemmermann u. Fresenius (1922)
Gerste	„	0,002 bis 0,04	Schädigung	Onodera (1916)
„	„	0,01	Hemmung	Lemmermann u. Fresenius (1922)
„	„	0,01	Keine Schädigung	Gehring u. Sander (1923)
Roggen . . .	„	0,0075	Förderung	Müller (1926)
„ . . .	„	0,01	Keine Schädigung	Lemmermann u. Fresenius

Samenart	Säure	Konzentration Normallösung	Keimfähigkeit	Autor
Hafer	H_2SO_4	0,0075	Förderung	Müller (1926)
„	„	0,01	Keine Schädigung	Lemmermann u. Fresenius
Reis	„	0,04 bis 0,01	Schädigung	Onodera (1916)
Gerste	HNO_3	0,04 bis 0,02	„	„
Reis	„	0,04 bis 0,03	„	„
Gerste	Ameisensäure	0,014 bis 0,002	Förderung	„
„	„	0,02	Schwache Schädig.	„
Reis	„	0,02 bis 0,006	Schädigung	„
Roggen . . .	Essigsäure	0,016	„	Lemmermann u. Fresenius
Weizen . . .	„	0,01	„	Gehring u. Sander
Gerste	„	0,04 bis 0,014	„	Onodera (1916)
„	„	0,01	„	Gehring u. Sander
Hafer	„	0,016	„	Lemmermann u. Fresenius
Weizen : . .	Oxalsäure	0,01	Geringe Hemmung	Gehring u. Sander
Reis	Malonsäure	0,05	Förderung	Becker (1926)
Weizen . . .	Weinsäure	0,025 u. 0,01	„	Gehring u. Sander
„ . . .	„	0,05	Leichte Hemmung	„
Reis	„	0,05	Förderung	Becker (1926)
Weizen . . .	Zitronensäure	0,01	Geringe Förderung	Gehring u. Sander
„ . . .	„	0,025	Hemmung	„

Wenn auch die Resultate, welche sich aus dieser Tabelle ergeben, nicht ganz einheitlich sind, so ist doch sofort daraus ersichtlich, daß die Keimung in säurehaltigem Sand bei höheren Konzentrationen erfolgen kann, als in den erwähnten Säurelösungen allein. Auffallend ist ferner, daß Oxal- und Essigsäure am schädlichsten wirkten. Nach dem Grad der Giftigkeit ordnen sich die Säuren ungefähr folgendermaßen: Oxal-, Essig-, Zitronen-, Salpeter-, Salz-, Schwefel-, Ameisen-, Wein-, Malonsäure.

Die nachträgliche Einwirkung der Säuren auf das Wachstum soll hier nicht besonders hervorgehoben werden, es sei vielmehr auf die Originalarbeiten der angeführten Forscher verwiesen.

In Erdversuchen bleiben demnach sehr hohe Konzentrationen unschädlich für die Keimung der angeführten Zerealiensamen. Im Vergleich mit den Sandversuchen zeigen sich große Unterschiede, welche ganz besonders bei der guten Keimung von Weizensamen in starken Essigsäurekonzentrationen zum Ausdruck kommen. Die Verwendung höherer Konzentrationen in Erde dürfte im Gegensatz

Direkte Keimung von Samen in mit Säuren versetzten Böden

Samenart	Säure	Konzentration Normallösung	Keimfähigkeit	Autor
Weizen	HCl	0,005	Volle Keimung	Gehring u. Sander (1923)
„	HCl	0,1	Fast volle Keimung	„
„	HCl	0,5	50 % Keimung	„
„	H_2SO_4	0,02	Schädigung	Lemmermann u. Fresenius (1922)
„	H_2SO_4	0,5	Nur gehemmte K.E.	Gehring u. Sander
Hafer	H_2SO_4	0,051	Schädigung	Lemmermann u. Fresenius
Weizen	H_3PO_4	0.01 bis 0.03	Förderung der K. E.	Eperjessy (1928)
„	Essigsäure	0,1	Volle Keimung	Gehring u. Sander
„	Essigsäure	0,5	Keimverminderung	„

zum Sand in der leichten Veränderung der Böden durch Säuren beruhen. Dies geht aus den Versuchen von Lemmermann und Fresenius (1922, S. 24) deutlich hervor, indem die nachherige Bestimmung der Böden mit 0,02 n-Lösungen nur einen p_H-Wert von 5.2 und die der Böden mit 0,051 nur einen p_H-Wert von 4,0 ergaben.

2. *Laugen.*

Vorquellung in Laugen

Samenart	Lauge	Konzentration Normallösung	Quellzeit	Keimfähigkeit	Autor
Gerste	NaOH	0,25	15 Min.	Gerste indifferent	Kiessling (1911)
„	„	0,25	15 „	Primus Gerste geförd.	„
Weizen	„	0,01	30 „	Gute Keimkraft	Plaut (1925)
„	„	0,1	30 „	K. E. wenig gehemmt	„
„	KOH	0,1	30 „	K.E. u. K.K. deutl. geh.	„
„	„	0,01	30 „	Gute Keimung	„
„	$Ca(OH)_2$	0,18 bis 1,07	48 Std.	94 Keim %	Windisch (1900)
Gerste	„	0,018 bis 0,18	48 „	Förderung	„
„	„	0,18 bis 1,07	48 „	94 Keim %	„
Roggen	„	0,18 bis 1,07	48 „	64 Keim %	„
Hafer	„	0,018 bis 1,8	48 „	Förderung	„

Diese Samen erfahren also nach obigen Angaben durch Quellung in Laugen, selbst in hohen Konzentrationen, im Gegensatz zu den Säuren, z. T. eine ausgesprochene Förderung in der Keimfähigkeit.

Hier zeigt sich wieder, daß die Samen viel höhere Konzentrationen bei der Quellung ohne Schaden ertragen können als bei der Keimung in den Laugenlösungen selbst. Die Unterschiede sind

Keimung in wässrig-alkalischen Lösungen

Samenart	Lauge	Konzentration Normallösung	Keimfähigkeit	Autor
Gerste	NaOH	0,025	Fast keine Schädigung	Bokorny (1912)
„	„	0,0125	Förderung	„
„	„	0,0025	Keine Hemmung	„
„	„	0,01 bis 0,02	Keine Schädigung	Müller (1926)
Lolium per.	„	0,01 bis 0,02	„	„
Weizen	KOH	0,009 bis 0,018	90 Keim %	Bokorny (1912)
„	„	0,00018 bis 0,0045	Vollständige Keimung	„
„	Ammoniak	0,01	Schwache Keimung	Rossmanith (1927)
„	„	0,008	Starker Keimabfall	„
„	„	0,006	Beginn. Keimherabsetzung	„
Gerste	„	0,008	Unterbleiben der Keimung	„
„	„	0,004	Starker Keimabfall	„
„	„	0,0005	Leiche Keimverminderung	„
Roggen	„	0,01	Keine Keimbeeinträchtigung	„
Hafer	„	0,006	Starkes Absinken d. Keimung	„
„	„	0,002	Leichtes Absinken d. Keimung	„
Mais	„	0,01	Keimung möglich	„

innerhalb der einzelnen Laugen recht verschieden. Am wenigsten schädigt Natronlauge, etwas mehr Kalilauge, während Ammoniak je nach Samenart sehr stark nachteilig auf die Keimung wirkt. Am empfindlichsten wäre nach den Versuchen von Rossmanith die Gerste, dann folgen Hafer und Weizen, während Mais und hauptsächlich Roggen in Konzentrationen von 0,01 n noch keimte.

Zusammenfassung.

Überblicken wir die vorliegenden Arbeiten, welche sich mit der Beeinflussung der Azidität und Alkalität auf die Gramineenkeimung beschäftigt haben, so sehen wir je nach Samenart, Vorbehandlung und Keimmedium recht verschiedene Ergebnisse.

Vergleicht man zunächst die *Säuren* untereinander, so ergibt sich bei der Quellung in hohen Konzenztrationen, daß Schwefel-, Phosphor- und Zitronensäure noch in 0,25 n-Lösungen fördernd wirken, während Salz-, Bor- und Unterphosphorige-Säure bereits schädigen. In den niederen Konzentrationen wirken die anorganischen Säuren, sowie Zitronen-, Bernstein- und Weinsäure fördernd, während Propion-, Oxal- und Buttersäure stark nachteiligen Einfluß ausüben.

Setzt man aber die Samen in den Lösungen direkt zur Keimung aus, so machen sich Schädigungen in viel niederen Konzentra-

tionen bemerkbar als bei der Quellung; bei der Keimung in Sand und noch mehr in Böden sind aber auch hohe Konzentrationen ohne Nachteil verwendbar. Vergleicht man in dieser Hinsicht die bei der Quellung weniger schädlich wirkenden Säuren, so ergibt sich, daß die Keimung in den Lösungen selbst bis zu 0,01 n ohne Nachteil verläuft, während man bei der Keimung im Sand in denselben Konzentrationen eine Förderung bekommt. Im Boden traten wiederum z. T. erst bei Anwendung von Konzentrationen über 0,1 n Schädigungen ein.

Auch die *Laugen* wirken recht verschieden auf den Keimungsverlauf. So fördert die Quellung in 0,1 n-Lösungen von NaOH die Keimung von Gerstensamen, während dieselbe Normallösung von KOH die Keimung dieser Samen benachteiligt. In 0,18 n $Ca(OH)_2$-Lösungen wird wiederum Gerste und Hafer durch Quellung gefördert, während Weizen und besonders Roggen dadurch geschädigt werden.

Werden die Samen in den Lösungen selbst zur Keimung ausgesetzt, so wirken die bei der Quellung günstigen Konzentrationen sehr nachteilig. Natronlauge in 0,01 Normallösungen förderte die Keimung von Gerste, während KOH in denselben Konzentrationen die Keimung dieser Samen schädigte. Ammoniak erwies sich am schädlichsten, wenn nicht gerade auf Roggen und Mais, welche in 0,01 n-Lösungen noch keimten, so doch auf Hafer, Weizen und Gerste. Hafer und Weizen wurden in 0,001 und Gerste sogar in 0,0005 n-Lösungen in der Keimung gehemmt.

Wollte man aus den vorherigen Versuchen, welche auf der Titrierazidität basieren, Schlüsse auf die Wirkung der H- und OH-Ionen ziehen, so würden sich große Abweichungen, speziell unter Zugrundelegung der Bodenversuche ergeben, da ja hier sicher Veränderungen sekundärer Art auf die p_H-Konzentration mit hereinspielen. Nimmt man beim Vergleich hierauf keine Rücksicht, so kann gesagt werden, daß für die Quellung eine p_H-Konzentration von 1,0 (H_2SO_4) bzw. 13,0 (NaOH) bei kurzer Einwirkungsdauer noch ohne besonderen Schaden verwendbar ist. Bei der Keimung in Lösungen selbst, steht mit einigen Ausnahmen, ein p_H-Wert von 2,0 bzw. 11,0—12,0, bei der Keimung in Sand ein solcher von 1,0 und bei der Keimung im Boden sogar z. T. ein solcher von 0,5 bzw. 12,5 obigen Werten der Quellversuche gegenüber.

Daraus ließen sich eine Menge von noch unvollständig gelösten Fragen ableiten, wovon die nächstliegende natürlich den fördernden Keimverlauf bei Anwendung optimaler Wasserstoffionenkonzentra-

tion betraf. Dabei war weiter von besonderer Wichtigkeit zu erfahren, wie die verschiedenartigst zusammengesetzten p_H-Lösungen in gepuffertem und ungepuffertem Zustand bei der gleichen p_H-Konzentration wirkten. Nicht davon zu trennen war die Frage, ob nur die H- oder OH-Ionen der Säuren, Basen oder Salze die ausschlaggebende Rolle spielen oder ob auch die Restionen mitbestimmend wirken. Hierüber fanden sich in der Keimungsliteratur noch wenig Angaben. Die Arbeit von Gracanin (1928), welche mir vor Versuchsbeginn noch nicht bekannt war, bezeichnet die Orthophosphorsäure als typisches Stimulans für Samen, die in Lösungen von 0,05 bis 1,0% P_2O_5 (je nach Sorte) 15 Stunden vorgequollen waren. Die Hauptwirkung schreibt er, aus später noch zu erörternden Gründen, nicht den H-Ionen, sondern den Restionen zu.

Unter diesen Gesichtspunkten sollen nunmehr die von mir ausgeführten Versuche zur Erörterung kommen.

B. Beeinflussung der Keimung durch Säuren und Basen unter Zugrundelegung der Wasserstoffionenkonzentration

Es erschien zunächst erwünscht, das verwendete *Material* nach Herkunft, Alter und chemischer Zusammensetzung möglichst näher zu charakterisieren. Hierfür sei die folgende Übersicht erbracht:

I. Nähere Beschreibung über Aufzucht und Beschaffenheit des Samenmaterials.

1. Standort und Düngung

Das nachstehende Samenmaterial wurde mir in gütigster Weise von der württembergischen Landessaatzuchtanstalt in Hohenheim zur Verfügung gestellt. Der Versuchsfeldboden, auf welchem die Samen herangezogen wurden, war schwerer diluvialer Lehmboden mit einem p_H von 6,6 bis 6,8. Die Sommergerste und der Sommerweizen erhielten pro Hektar die folgende Düngung:

Kalisalz 40%	300 kg
Ammoniumsulfat	400 kg
Stallmist	300 Dztr.
Superphosphat	100 kg

Der Boden für den Haferbau war zuvor mit Hülsenfrüchten bebaut und erhielt folgende Zugabe pro Hektar:

Ammoniumsulfat	150 kg
Superphosphat	200 kg

Das von August 1927 ab bearbeitete Samenmaterial stammte von der Ernte 1926 und 1927. Diese Jahrgänge wiesen recht ver-

schiedene Witterungsverhältnisse auf; so reiften die Samen von 1926 bei guter Witterung heran, während der Jahrgang 1927 unter starken Witterungswechsel, verbunden mit viel Regen, zu leiden hatte.

2. Sorten

a) *Weizen.*

1. Hohenheimer Sommerweizen, alte Zucht . . 1926
2. Dippes Bordeaux Sommerweizen 1926
3. Hohenheimer 25 f Sommerweizen . . . 1926

b) *Gerste.*

1. Heines Goldhorpe Sommergerste 1926
2. Hohenheimer Riedlinger Sommergerste (Ri) . 1926
3. Zeiners Franken Sommergerste (Braugerste) . 1926
4. „ „ „ „ 1927

c) *Hafer.*

1. Hohenheimer 2 A IV Weißhafer (leicht bespelzt) 1926
2. Kirsches Gelbhafer (fest bespelzt) 1926

d) *Gras.*

1. Festuca arundinacea 1926

II. Methode.

Je 100 unverletzte und voll erscheinende Samen wurde in eine überdeckte ebene Petrischale aus Neutralglas (Sofienhütte, Ilmenau) von 9 cm Durchmeser und 1,8 cm Höhe gebracht. Die Getreidesamen wurden mit 5 und die *Festuca*samen nur mit 3 ccm Lösung versetzt und durch vorsichtiges Rotieren gleichmäßig benetzt und verteilt. Die so vorbereiteten Schalen wurden nach Keimtagen geordnet in gut verschlossene ebene Blechbüchsen mit Deckel gelegt und in einem durch einen Gas-Thermostaten auf 18° gleichmäßig geheizten Dunkelraum im Keller der Keimung ausgesetzt. Die Keimenergie wurde bei Weizen und entspelztem Hafer nach 1 und 2 Tagen, bei bespelztem Hafer und Gerste nach 3 Tagen und bei *Festuca* nach 6 Tagen bestimmt. Ebenso die Keimkraft von Weizen und entspelztem Hafer nach 8, von bespelztem Hafer und Gerste nach 8 und 14 Tagen und von *Festuca* nach 16 Tagen. Als gekeimt wurden alle Samen gezählt, welche mit bloßem Auge gut wahrnehmbare Wurzelspitzen getrieben hatten. Am 8., 14. und 16. Keimtage wurde jedoch z. T. zwischen vollständig und unvollständig gekeimten Samen unterschieden, d. h. in solche, welche Plumula und Radicula aufwiesen und in solche, welche nur Wurzeln oder nur Stämmchen getrieben hatten. Die ungefähre durchschnittliche Länge von Plumula und Radicula am 6. bzw. 8. Keimtage wurde nur in die Tabelle mit

Samenart	1000-Korngewicht	Wasser	Asche	Fett	Eiweiß	Kohlehydrate	Gesamtphosphorsäure P_2O_5	Lecithinphosphorsäure P_2O_5	Kieselsäure SiO_2	Calcium-CaO	Magnesium MgO	Eisen Fe_2O_3	Aluminium Al_2O_3
	g	g	g	g	g	g	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
	In 100 g der natürlichen Substanz sind enthalten:												
Hohenheimer Sommerweizen, alte Zucht 1926	33	13,34	1,89	2,42	16,62	65,73	663,0	58,84	29,0	184,0	154,0	3,1	16,92
Dippes Bordeaux Sommerweiz. 1926	44	13,28	1,84	2,14	13,52	69,22	730,0	45,65	27,0	68,0	94,0	2,3	9,7
Hohenheimer 25 f Sommerweiz. 1926	45	12,78	1,8	2,3	15,73	67,39	957,0	55,79	29,0	94,0	188,0	8,5	9,92
Heines Goldhorpe Sommergerste 1926	47,5	11,39	2,83	2,17	13,45	70,16	824,0	90,66	578,0	140,0	42.0	4,6	1,4
Hohenheimer Riedlinger Sommergerste 1926	43	11,54	2,94	2,35	12,24	70,93	933,0	77,98	606,0	132,0	46,0	17,0	5,0
Zeiners Franken Sommergerste 1926	45,5	11,86	2,72	2,06	10,96	72,40	1252,0	79,25	596,0	106,0	54,0	17,0	5,0
Zeiners Franken Sommergerste 1927	43,0	12,28	2,75	2,05	10,43	72,50	734	68,79	720	174,0	151,0	4,6	1,4
Hohenheimer 2 A IV Weißhafer 1926, bespelzt	34,0	9,72	3,2	4,97	11,24	70,87	566	73,42	1360	208,0	130,0	43,0	13,0
Kirsches Gelbhafer 1926, bespelzt. . .	29,0	8.97	3,01	4,69	11,74	71,59	639	77,57	1080	198,0	179,0	68,0	20,0

aufgenommen, um das Ausmaß der eingetretenen Förderung und speziell das Ausmaß der Hemmung im Wachstum noch deutlicher zu zeigen.

Um nun in den folgenden Versuchen die Wirkung der H- oder OH-Ionen neben der Wirkung ihrer Restionen vergleichend studieren zu können, wurden die Samen sowohl in ungepufferten Normallösungen von Salz-, Schwefel-, Salpeter- und Phosphorsäure als auch in gepufferten Lösungen von Salz-, Bernstein -und Phosphorsäure von jeweils ähnlichen p_H-Konzentrationen gebracht. In den gepufferten Lösungen wurde wiederum das molare Verhältnis und damit die Konzentration der angewendeten Salze und Salzmischungen z. T. gewechselt, um damit die Abbauveränderungen und die Wirkung des osmotischen Druckes verschieden zur Auswirkung kommen zu lassen. Um absorptionsstörenden Einflüssen und sonstigen Substratumwandlungen, wie sie sich z. B. in Filtrierpapier oder besonders in Erde zeigen, vorzubeugen, und um die p_H-Veränderungen leichter bestimmen zu können, wurden die Samen direkt in die Lösungen so eingelegt, daß die Luft im notwendigen Maße noch zu den Samen gelangen konnte.

Die ungepufferten Säurelösungen wurden möglichst normal eingestellt und nach einigem Stehen in den Vorratsflaschen ihr p_H-Wert bestimmt; die ungepufferten Lösungen als auch die Indikatorenlösungen wurden nach den Angaben von Kolthoff (1926, S. 142 ff.) hergestellt. Die Färbung wurde mit Hilfe der Serienindikatoren von Merck-Darmstadt so durchgeführt, daß bei den Vergleichsreihen auf je 6 ccm Pufferlösung 1 ccm Indikatorlösung kam.

Die Bestimmung des p_H-Wertes in den restierenden Lösungen (abgebauter p_H) war von der Menge des Rückstandes abhängig. Da diese z. B. bei gut keimender Gerste und bespelztem Hafer nach den ersten Keimtagen nur 0,5—1,0 ccm betrug, so mußte auch dementsprechend verfahren werden. Stand noch 1 ccm Restflüssigkeit zur Verfügung, so wurde in diesem durch Hinzufügen von 0,17 ccm Indikatorlösung der p_H-Wert bestimmt. War weniger als 1 ccm Restlösung vorhanden, so wurden auf je 7 Tropfen des Rückstandes 1 Tropfen Indikatorlösung zugesetzt und in neutralem Reagenzglas beobachtet oder bei noch geringeren Mengen, nach Tropfenzahl in vertiefter Porzellanplatte der Standardlösung gegenübergestellt. In letzterem Falle sind naturgemäß die Fehlerquellen etwas höhere, doch dürften sie nicht über einen Wert von 0,4 p_H gehen (vgl. Kolthoff, S. 154 und 177) und die Endergebnisse nur wenig beeinflussen.

Die Gesamtergebnisse sind außer der näheren Beschreibung in Tabellen und z. T. in Kurven zusammengefaßt; sie stellen jeweils Durchschnittswerte aus 4 Versuchen dar. Es bedeuten (Pl. + Rad.) jeweils die Keimzahl der vollständig, also mit Plumula und Radicula gekeimten Samen. Die Kurven für den Keimungsverlauf wurden in der Weise erhalten, daß man auf der Ordinatenachse die Keimprozente und auf der Abszissenachse die angewendeten p_H-Werte auftrug und ihre Schnittpunkte miteinander in Verbindung brachte; ebenso wurden die Kurven des p_H-Abbaues hergestellt mit dem Unterschied, daß auf der Ordinatenachse der abgebaute p_H-Wert aufgetragen wurde. In den Kurvenbildern bedeuten:

Keimung nach 1 Tag von Weizen und entspelztem Hafer, ————————
Keimung nach 2 Tagen von Weizen und entspelztem Hafer, ————————
Keimung nach 2 Tagen von Gerste und bespelztem Hafer, ————————
Keimung nach 3 Tagen von Gerste und bespelztem Hafer, ————————
Keimung nach 8 Tagen von Gerste und bespelztem Hafer, — — — — —
Keimung nach 14 Tagen von Gerste und bespelztem Hafer, —·—·—·—
Keimung nach 6 Tagen von Festuca arundinacea, ————————
Keimung nach 16 Tagen von Festuca arundinacea. ————————

III. Die Beeinflussung der Keimung durch ungepufferte Säuren unter Zugrundelegung der Wasserstoffionenkonzentration

Die Untersuchungen über die Einwirkung der Wasserstoffionenkonzentration auf die Keimung der Grassamen sind auch hier in mannigfacher Weise differenziert. Die nachfolgenden Ergebnisse sind daher wieder wie bei der früheren Anordnung aufgestellt.

1. Vorquellung in p_H-Lösungen

Quellversuche unter direkter Berücksichtigung des p_H-Wertes der Lösung sind nur wenige bekannt geworden. Besonderes Interesse erwecken hier die Quellversuche von Petri (1926, S. 161) in Lösungen von wechselnder Wasserstoffionenkonzentration. Für Weizen stellte er dabei fest, daß bei normalen und niederen Temperaturen nur ein geringer Einfluß ausgeübt wird, während bei höheren Temperaturen (54—56°, ¼ Stunde) ein Optimum der Keimung durch p_H 4 und 9,5 und ein Minimum durch p_H 6 und 7 erzielt wurde. Eigene Untersuchungen kommen hier nicht in Frage.

2. Keimung in Säurelösungen ohne Pufferung.

Auch diejenigen Untersuchungen, welche sich mit der Wirkung reiner Säurelösungen mit verschiedenem p_H-Wert auf die Keimung von Grassamen beziehen, sind noch recht spärlich. Zu erwähnen

sind hier die Versuche von Lundegard (1923), welcher Weizensamen auf Paraffinringen in folgenden salzsauren p_H-Lösungen zur Keimung aussetzte:

p_H-Lösung:	4,0	5,8	6,1	6,4	7,1 (Wasser)
Keimprozent:	48	60	45	74	50

Diejenigen Versuche, welche nach dieser Richtung von mir selbst ausgeführt wurden, hatten folgende Säurelösungen als Keimmedium:

Salzsäure		Schwefelsäure		Salpetersäure		Phosphorsäure	
Normallösung	p_H	Normallösung	p_H	Normallösung	p_H	Normallösung	p_H
1/33	1,4	1/33	1,6	1/33	1,4	1/4	1,6
(300 ccm 1/10		(300 ccm 1/10		(300 ccm 1/10			
auf 1000)	—	auf 1000)	—	auf 1000)	—	—	—
—	—	—	—	1/40	1,5	—	—
1/50	1,6	1/50	1,8	1/50	1,6	1/10	1,8
1/100	2,0	1/100	2,05	1/100	1,95	1/20	2,0
1/1000	3,2	1/1000	3,25	1/1000	3,2	1/50	2,35
—	—	—	—	—	—	1/100	2,6
—	—	—	—	—	—	1/1000	3,8
1/50000	5,0	1/50000	4,8	1/50000	4,8	1/50000	5,1

Diese eigenen Versuche sind im folgenden in den Tabellen Seite 440—455 und in den Figuren 1—48 zur Darstellung gebracht, während die Einzelbeschreibungen nach 2 Gesichtspunkten geordnet wurden. Einmal stand im Vordergrunde wie das gesamte Samenmaterial in ein und demselben p_H-Bereich beeinflußt wurde, z. a. sollte beobachtet werden, wie die einzelnen Sorten im Gesamtverlauf innerhalb der angewendeten Konzentrationen sich in der Keimung unterschieden.

a) Der Keimverlauf sämtlicher Samen in ein und demselben p_H-Bereich

Diese Keimversuche mit Salz-, Schwefel-, Salpeter- und Phosphorsäure ergaben:

p_H-Bereich 1,2 = ca. $^1/_{20}$ n. — In Lösungen von Salz-, Schwefel- und Salpetersäure innerhalb und unterhalb dieses Bereiches war eine Keimung von *Weizen, Hafer, Gerste* und *Festuca*samen kaum möglich, wenngleich 1—2 Keimprozent mit außerordentlicher Stamm- und Wurzelschädigung bei gut keimender Gerste noch zu verzeichnen waren. Die Wasserabsorption war dabei gering, der Schimmelbefall jedoch außerordentlich stark.

p_H-Bereich 1,4 = $^1/_{33}$ n. — In diesen Lösungen, welche mit Salz- und Salpetersäure hergestellt waren, trat bei den *Festuca*-samen noch keine Keimung auf. Die *Weizen-* und *entspelzten Hafer*-samen keimten wohl in diesen Lösungen, blieben aber im Vergleich mit den Versuchen in destilliertem Wasser, sowohl in der Keimenergie, als auch in der Keimkraft, neben starker Wurzelschädigung und schwacher Stammentwicklung stark zurück. Salpetersäure wirkte dabei günstiger als Salzsäure. Der *bespelzte Hafer* wurde in diesen Versuchen, bezüglich der Gesamtentwicklung viel weniger geschädigt, als der entspelzte, doch blieb hier, wie auch in Salpetersäure das Keimprozent hinter den Werten in destilliertem Wasser. Das Verhalten der *Gerste* war sehr auffallend. Während in Salzsäure fast nirgends die Vergleichswerte in Wasser erhalten werden konnten, war dies in Salpetersäure durchweg möglich; dabei schnitten die schlecht keimende *Riedlinger-Gerste* und die *Zeiners-Gerste* neuer Ernte besonders gut ab. Dies kann nicht allein auf der Bespelzung beruhen, da der *bespelzte Hafer* geschädigt wurde.

p_H-Bereich 1,5 = ca. $^1/_{40}$ n. — In diesen Versuchen, welche nur mit Salpetersäure durchgeführt wurden, waren *Weizen* und *entspelzter Hafer* noch bedeutend in der Keimung zurück. Dagegen erzielten *bespelzter Hafer* und *Gerste* Werte, welche die Kontrollwasserversuche durchweg überholten.

p_H-Bereich 1,6. — Hier tritt zunächst hervor, daß in Phosphorsäurelösungen von ¼ n = p 1,6 bei allen Samenarten nur ganz vereinzelte Keimung erfolgte. *Weizen* und *entspelzter Hafer* blieben in Schwefelsäure ($^1/_{33}$ n), Salzsäure ($^1/_{50}$ n) und Salpetersäure ($^1/_{50}$ n) z. T. recht erheblich hinter den Wasserwerten zurück, wenngleich in Salpetersäure die besten Werte, hauptsächlich bei *entspelztem Hafer*, erreicht wurden. *Bespelzter Hafer* und *Gerste* erzielten (mit Ausnahme der neuen Zeiner- und Riedlinger-Gerste) in Schwefelsäure leicht gehemmte Keimung, während in Salz- und Salpetersäurelösung, sowohl in Keimenergie, Keimkraft und vollständiger Keimung größtenteils die Optimalpunkte erreicht wurden.

p_H-Bereich 1,8. — Die mit Schwefelsäure ($^1/_{50}$ n) durchgeführten Versuche ergaben, daß sowohl die Samen von *Festuca* als auch die Samen von *Weizen* und die *entspelzten Hafer*samen gehemmt wurden, am wenigsten die *Hafer*samen. *Bespelzte Hafer-* und *Gerste*samen erreichten hier ihr Optimum in der Keimung. Phosphorsäure ($^1/_{10}$ n) erbrachte durchweg mehr oder weniger gehemmte Keimung.

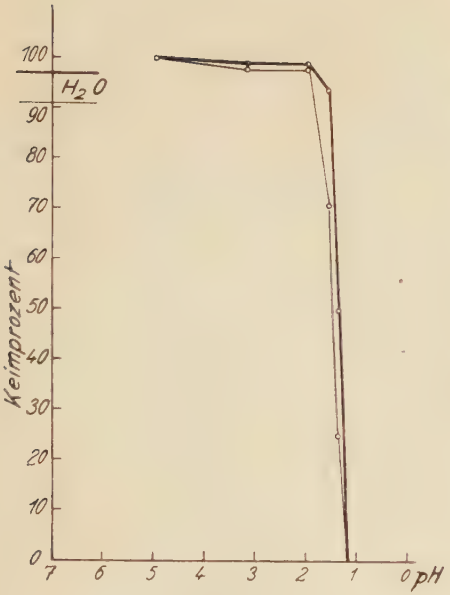


Fig. 1.
Dippes Bordeaux-Weizen.
Keimung in HCl nach 1 und 2 Tagen.

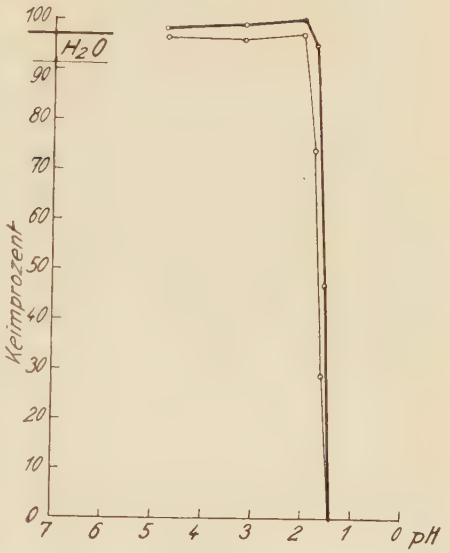


Fig. 2.
Dippes Bordeaux-Weizen.
Keimung in H_2SO_4 nach 1 und 2 Tagen.

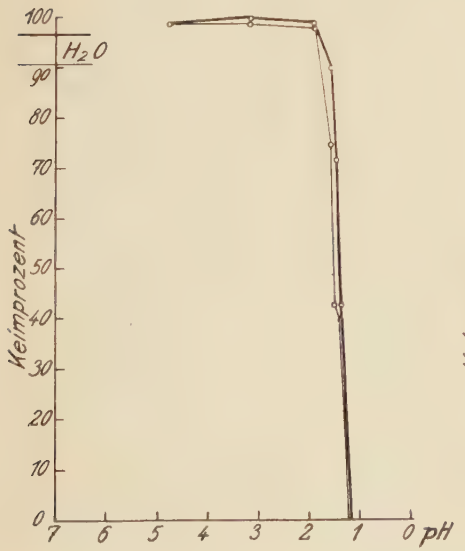


Fig. 3.
Dippes Bordeaux-Weizen.
Keimung in HNO_3 nach 1 und 2 Tagen.

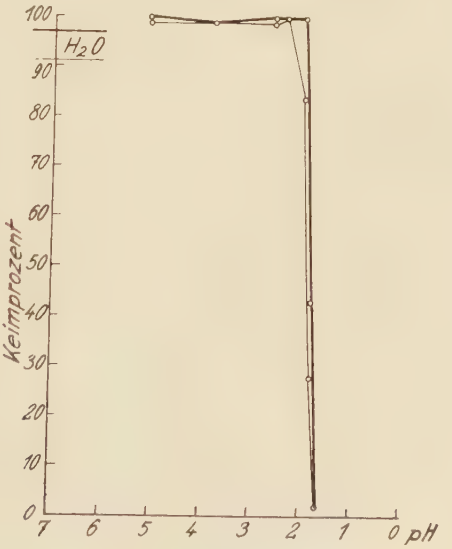


Fig. 4.
Dippes Bordeaux-Weizen.
Keimung in H_3PO_4 nach 1 und 2 Tagen.

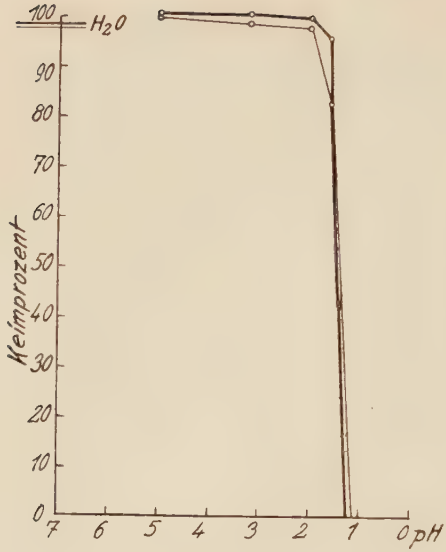


Fig. 5.
Hohenheimer 2 A Hafer entspelzt.
Keimung in HCl nach 1 und 2 Tagen.

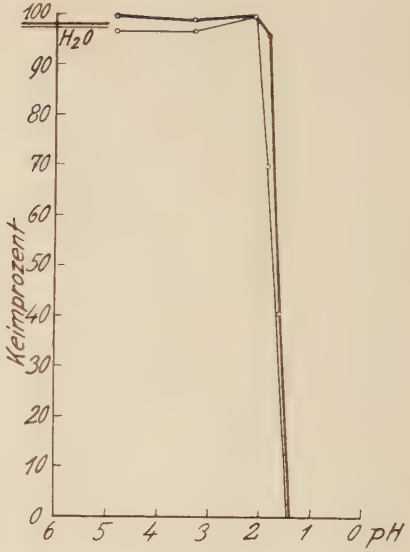


Fig. 6.
Hohenheimer 2 A Hafer entspelzt.
Keimung in H_2SO_4 nach 1 und 2 Tagen.

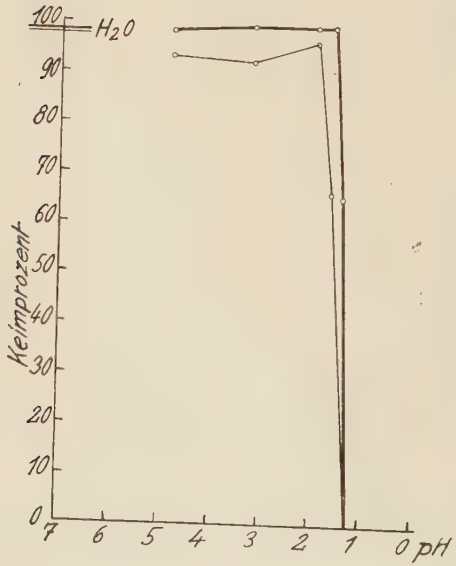


Fig. 7.
Hohenheimer 2 A Hafer entspelzt.
Keimung in HNO_3 nach 1 und 2 Tagen.

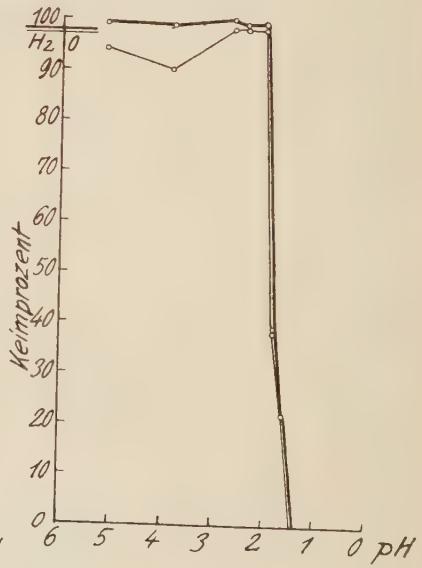


Fig. 8.
Hohenheimer 2 A Hafer entspelzt.
Keimung in H_3PO_4 nach 1 und 2 Tagen.

p_H-Bereich (1,95—2,05). — Phosphorsäure ($^1/_{20}$ n) verursachte bei *Festuca* und *Weizen*samen noch gehemmte Keimung; für *entspelzte, bespelzte Hafer*samen und *Gersten*samen erwies sich diese Lösung nicht schädigend, in manchen Fällen *(bespelzte Hafer*samen und *Gerste)* bedeutend fördernd und optimal. Salz-, Schwefel- und Salpetersäure ergaben durchweg Optimal-Werte, welche sich bei *Weizen* und *entspelztem Hafer* ungefähr gleich auswerten lassen. Bei den *Festuca*-Samen waren die mit Schwefelsäure erreichten Werte denjenigen von Salz und Salpetersäure etwas nachstehend. Bei *bespelztem Hafer* und bei *Gerste* (besonders Riedlinger und Zeiner, 1927) waren die mit Salpetersäure erreichten Werte ein wenig höher als die mit Salz, Schwefelsäure und Phosphorsäure.

p_H-Bereich 2,35. — Die mit Phosphorsäure ($^1/_{50}$ n) durchgeführten Versuche ergaben für sämtliche *Weizen*samen optimale Werte. Die *Festuca*-Samen wurden noch etwas gehemmt, während die anderen Samen noch Werte erreichten, welche über den Kontrollwasserversuchen stehen. Besonders auffallend verhalten sich die schlecht keimende Riedlinger-*Gerste* und die Zeiners-Franken-*Gerste* neuer Ernte, da diese einen starken Abfall vom Keimoptimum erfahren und damit Werte erhalten, welche sich nur wenig über den Wasserversuchen einstellen.

p_H-Bereich 2,6. — Phosphorsäure ($^1/_{100}$ n) wirkte auf die Keimung von *Festuca*-Samen sehr günstig und führte zur optimalen Keimung in dieser Säure. Die Resultate für *Weizen* und *entspelzte Hafersamen* waren mit denjenigen bei p 2,35 fast übereinstimmend. Die *Gersten-* und *bespelzten Hafer*samen fallen in der Keimung etwas von den Optimalwerten ab, was wieder besonders bei der Riedlinger-*Gerste* und bei der Zeiners-Franken-*Gerste* neuer Ernte auffällt.

p_H-Bereich um 3,2. — In $^1/_{1000}$ n-Lösungen von Salz-, Schwefel- und Salpetersäure keimen *Weizen-* und *entspelzte Hafer*samen von Sorte 2 A noch immer ziemlich optimal. Der *entspelzte* und *bespelzte* Kirsches-*Gelbhafer* als auch die *Gersten* erleiden auffallende Verluste in der Keimenergie, besonders wieder Riedlinger- und Zeiner-Franken-*Gerste* neuer Ernte. Die Salpetersäureversuche zeigen dabei den geringsten Abfall. Besonders bemerkenswert ist noch in diesem p_H-Bereich, daß der *bespelzte Hafer 2 A* ein Optimum in der Keimenergie aufweist.

p_H-Bereich 3,8. — Die mit Phosphorsäure ($^1/_{1000}$ n) durchgeführten Versuche ergaben für *Weizen* und *Festuca*-Samen immer noch ziemlich optimale Werte. Die *entspelzten Hafer*samen haben

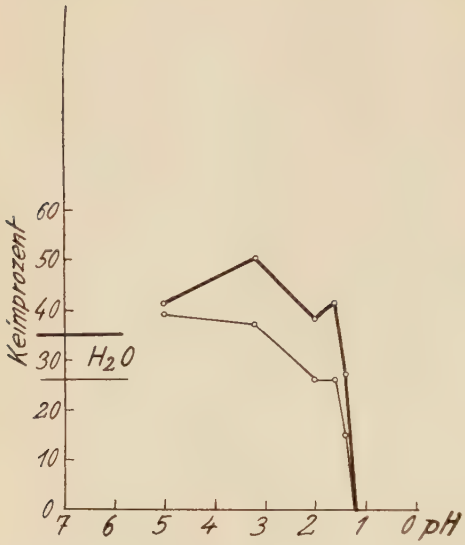


Fig. 9.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in HCl nach 2 und 3 Tagen.

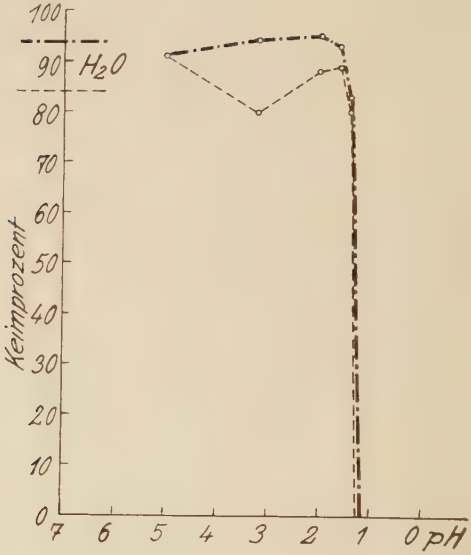


Fig. 10.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in HCl nach 8 und 14 Tagen.

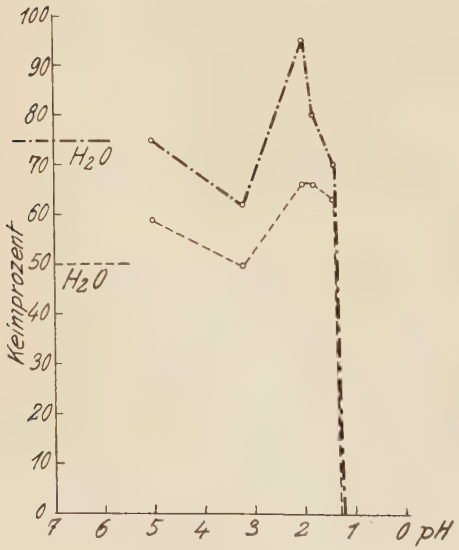


Fig. 11.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Vollständige Keimung (Pl.+Rad.) in HCl
nach 8 und 14 Tagen.

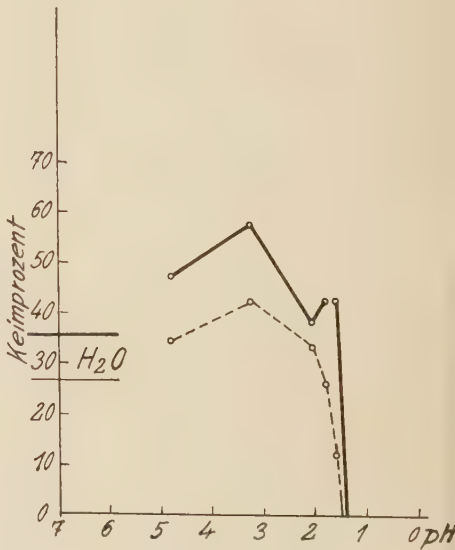


Fig. 12.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in H_2SO_4 nach 2 und 3 Tagen.

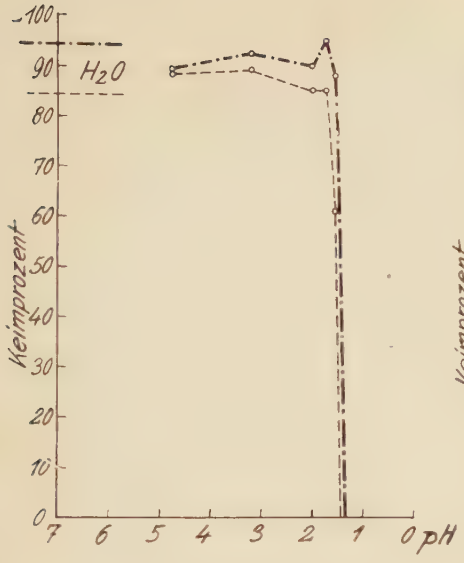


Fig. 13.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in H_2SO_4 nach 8 und 14 Tagen.

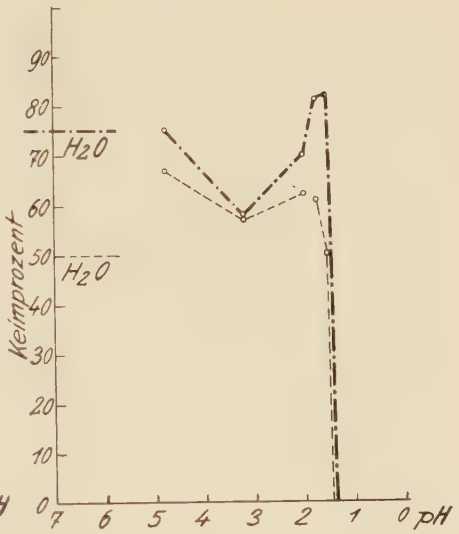


Fig. 14.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Vollständige Keimung (Pl.+Rad.) in H_2SO_4 nach 8 und 14 Tagen.

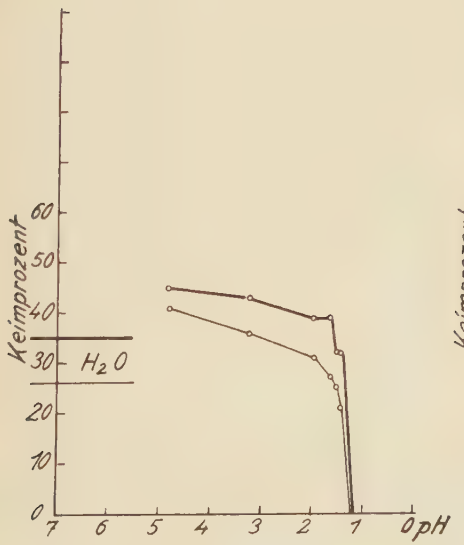
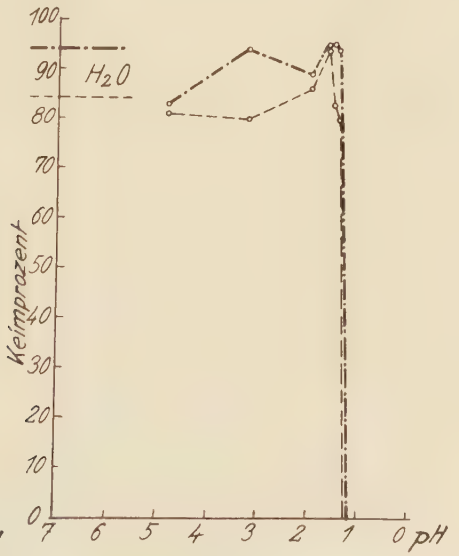


Fig. 15.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in HNO_3 nach 2 und 3 Tagen.



[Fig. 16.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in HNO_3 nach 8 und 14 Tagen

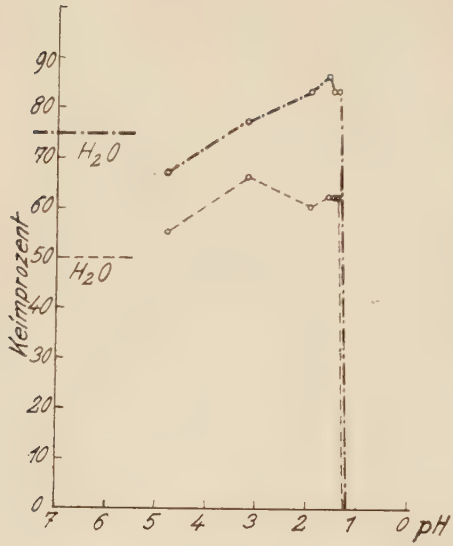


Fig. 17.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in HNO_3 nach 8 und 14 Tagen.

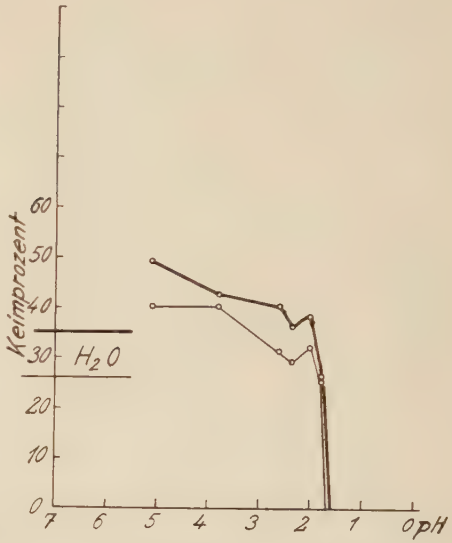


Fig. 18.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in H_3PO_4 nach 2 und 3 Tagen.

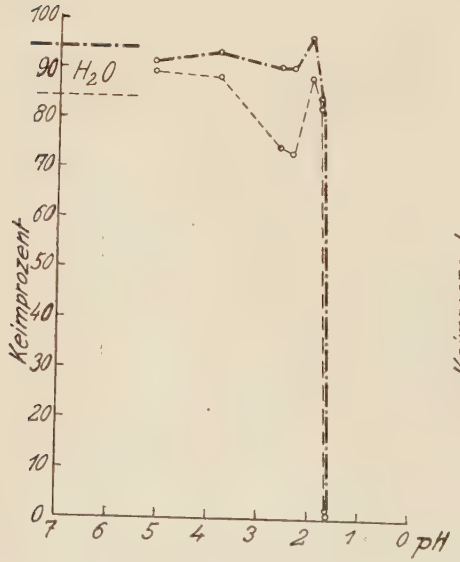


Fig. 19.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in H_3PO_4 nach 8 und 14 Tagen.

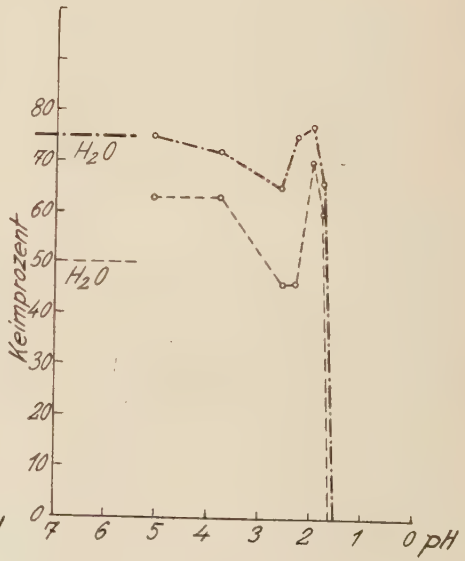


Fig. 20.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in H_3PO_4 nach 8 und 14 Tagen.

wohl noch normale Keimkraft, weisen aber in der Keimenergie ein schwaches Absinken auf. *Gersten-* und *bespelzte Hafer*samen erfahren gegenüber den Kontrollwasserversuchen noch eine Steigerung in der Keimenergie und Gesamtkeimkraft, gegenüber dem optimalen Bereich jedoch eine kleine Abnahme.

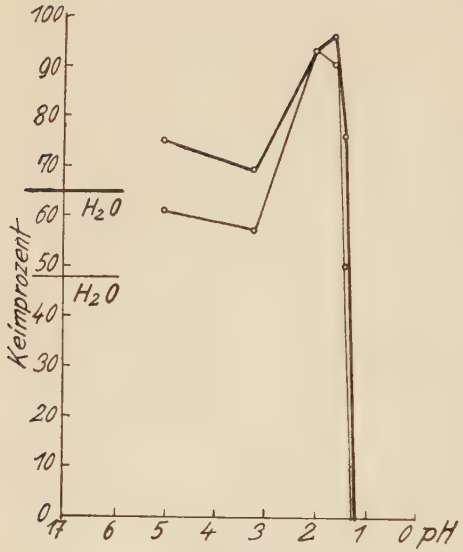
p_H-Bereich 4,8—5.1. — In diesen $^1/_{50000}$ n-Lösungen von Salz-, Schwefelsäure- und Salpeter- und Phosphorsäurelösungen ging die Keimung von *Festuca* und *Weizen*samen ziemlich gleich und an der optimalen Grenze sich bewegend vonstatten. Die Keimkraft der *entspelzten Hafer*samen blieb fast optimal, die Keimenergie ließ jedoch nach. Die Keimenergie der *bespelzten Hafer-* und der *Gersten*samen war gegenüber den Wasserwerten noch etwas gesteigert, während die Keimkraft gleich blieb und nur bei Riedlinger-*Gerste* und Kirsches-*Gelbhafer* deutlich abnahm (auffallend schwächer wirkte die Keimkraft von HNO_3 auf *Hafer*).

b) Der Einfluß der p_H-Lösungen auf die Samenarten.

Weizen. — Weizensorten gleichen Alters scheinen von p_H-Lösungen im großen Ganzen gleich beeinflußt zu werden. Im Bereich 1,4, 1,6 und 1,8 von Salz-, Schwefel- und Salpetersäure und Phosphorsäure im Bereich der 2,0 ist noch keine vollständige Keimung möglich. Dabei fällt auf, daß *Dippes Bordeaux Weizen weniger empfindlich* gegen höhere Säurekonzentrationen zu sein scheint. Mit p_H 2,0—5,0 von Salz-, Schwefel- und Salpetersäure und Phosphorsäure 2,35—5,1 sind mit nur ganz geringen Unterschieden durchweg optimale Keimungen zu erreichen. Ganz besonders äußert sich die optimale Wirkung in einer gesteigerten Keimenergie, die sich besonders bei den Weizen S.W. 25 fl. äußert.

Hafer. — *Entspelzte Hafersorten* verhalten sich Wasserstoffionen gegenüber ähnlich wie Weizen, nur mit dem besonderen Unterschied, daß Phosphorsäure (p_H 2,0) keine Schädigung ausüben und optimal wirkt. Mit Ausnahme von Kirsches Gelbhafer, welcher in der K.E. eine geringe Verzögerung erfuhr, verlief die Keimung in den schwächeren Konzentrationen so ziemlich optimal.

Die entsprechenden *bespelzten Hafersorten* sind höheren Konzentrationen gegenüber weit weniger empfindlich. Schon bei einem Exponenten von 1,4 (HNO_3) ist erhebliche Keimung möglich. Die Hafersorte 2 A erzielte dabei bessere Resultate als Kirsches Gelbhafer. Salpetersäure wirkte günstiger als Salzsäure und 2 A Hafer erreichte sogar mit ersterer fast die Werte des Kontrollwasserversuchs und überschritt sie mit p_H 1,5 merklich. Mit Salpetersäure



Eig. 21.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Keimung in HCl nach 2 und 3 Tagen.

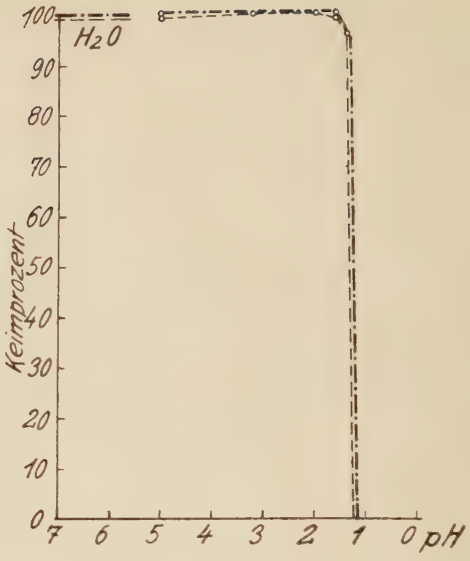


Fig. 22.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Keimung in HCl nach 8 und 14 Tagen.

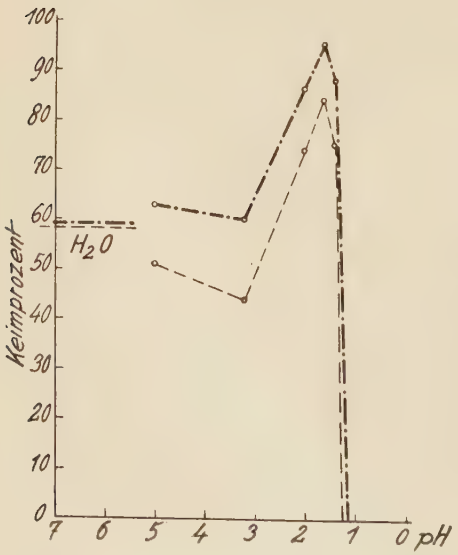


Fig. 23.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in HNO_3
nach 8 und 14 Tagen.

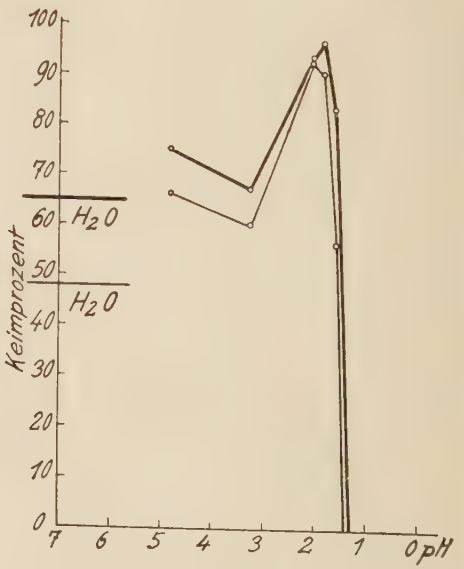


Fig. 24.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Keimung in H_2SO_4 nach 2 und 3 Tagen.

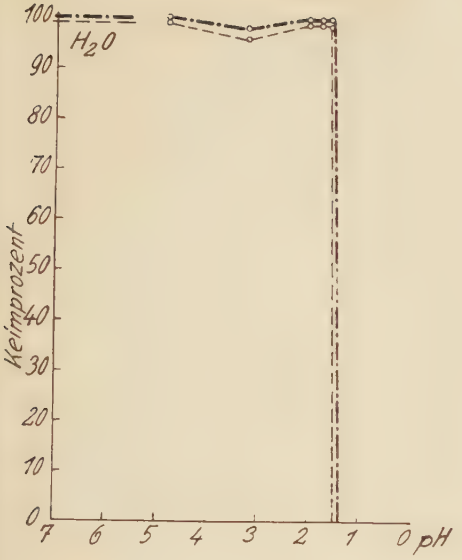


Fig. 25.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Keimung in H_2SO_4 nach 8 und 14 Tagen.

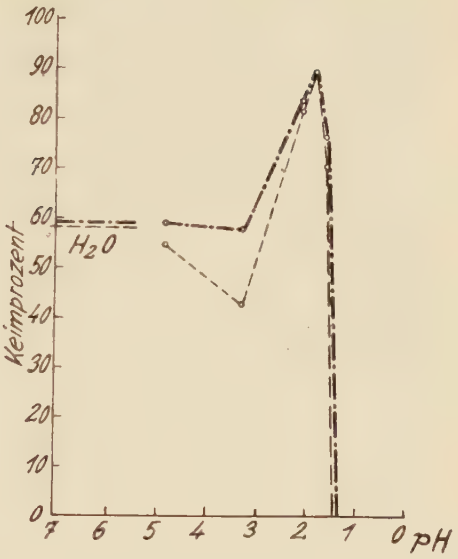


Fig. 26.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in H_2SO_4 nach 8 und 14 Tagen.

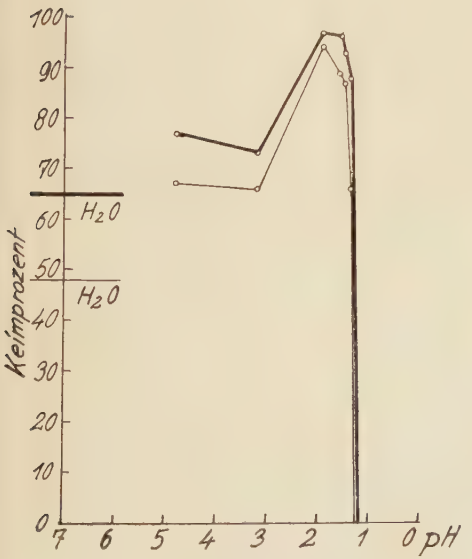


Fig. 27.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Keimung in HNO_3 nach 2 und 3 Tagen.

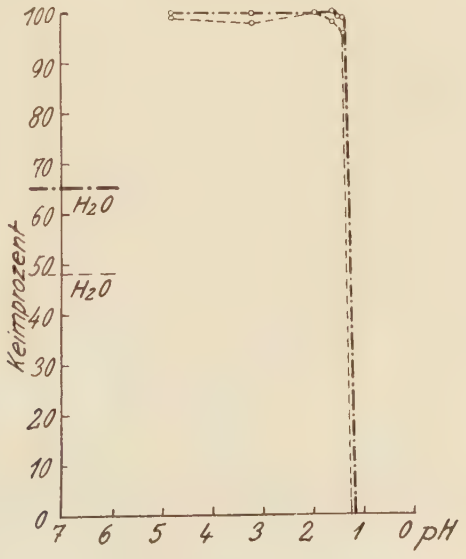


Fig. 28.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Keimung in HNO_3 nach 8 und 14 Tagen.

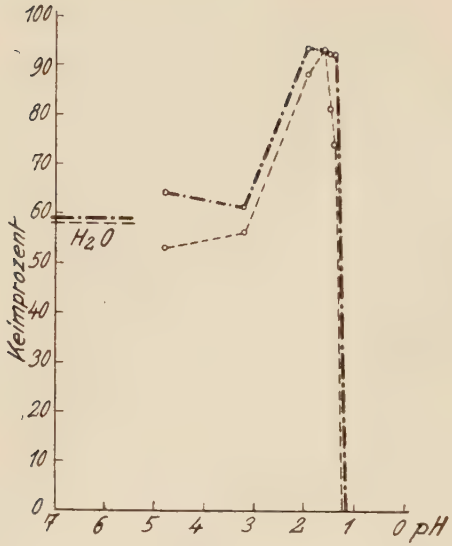


Fig. 29.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in HCl nach 8 und 14 Tagen.

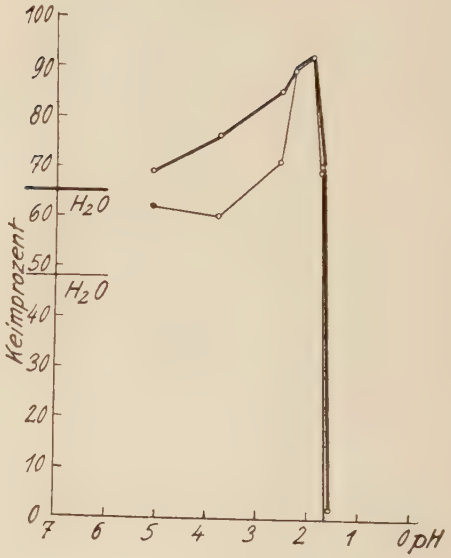


Fig. 30.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Keimung in H_3PO_4 nach 2 und 3 Tagen.

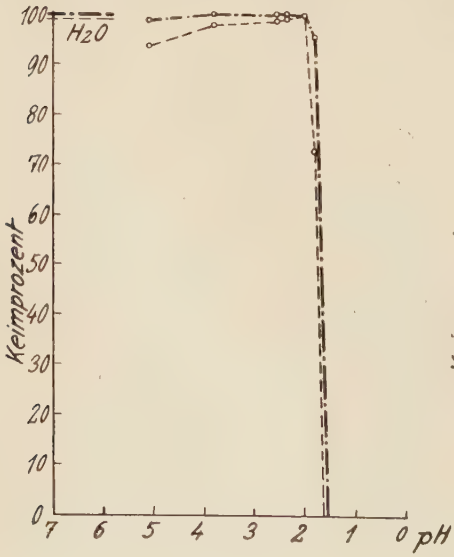


Fig. 31.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Keimung in H_3PO_4 nach 8 und 14 Tagen.

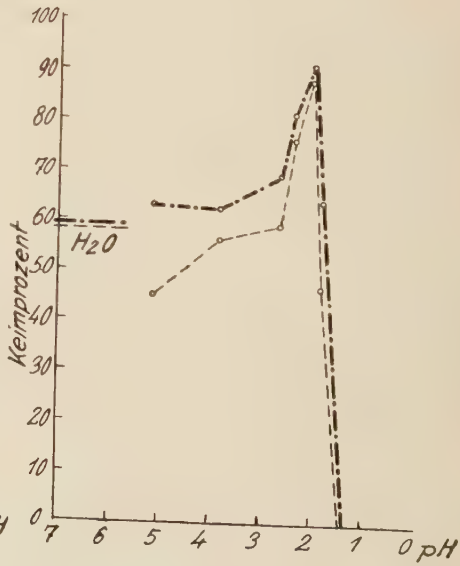


Fig. 32.
Zeiners Franken-Gerste 1926.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in H_3PO_4 nach 8 und 14 Tagen.

p_H 1,6 erreichen beide Hafersorten ihre Optimalwerte und auch Kirsches gelb mit Salzsäure 1,6, während 2 A Hafer zwar gefördert aber noch nicht ganz optimal erscheint. Schwefelsäure wirkte mit einem p_H von 1,6 auf beide Hafersorten noch etwas hemmend, während in Phosphorsäure mit demselben p_H überhaupt noch keine Keimung erfolgte. Mit Schwefelsäure p_H 1,8 wurde nunmehr auch das Optimum erreicht, die Keimung in Phosphorsäure war in erheblichem Maße möglich, doch konnte das Optimum durch Phosphorsäure erst mit einem p_H von 2,0 erreicht werden. Bei den anderen Säuren war mit p_H 2,0 meist eine indifferente Einwirkung erreicht und blieb mit Phosphorsäure, Salzsäure und Schwefelsäure in den niederen Konzentrationen bei 2 A Hafer so ziemlich bestehen. Kirsches Gelbhafer erfuhr mit Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure (p_H 2,6) zunächst einen Abfall, welcher jedoch später wieder anstieg bei Salpetersäure, jedoch bis p_H 4,8 bestehen blieb. Für bespelzten Hafer ist somit am geeignetsten: Salz- und Salpetersäure p_H 1,6—1,8, Schwefelsäure p_H 1,8 und Phosphorsäure p_H 2,0.

Gerste. — Auch Gerste war gegen höhere Konzentrationen viel unempfindlicher als Weizen und entspelzter Hafer und auch weniger als bespelzter Hafer. Schon mit Salz- und Salpetersäure p_H 1,4 wurden fast die Werte des Wasserversuches erreicht, wobei Salpetersäure wiederum am günstigsten wirkte. Salpetersäure mit p_H 1,5 überholte bereits die Wasserwerte und wirkte besonders günstig auf die schlecht keimende Riedlinger-Gerste und die Zeiners-Franken-Gerste (1297) frischer Ernte. Mit p_H 1,6 Salz- und Salpetersäure waren fast durchweg Optimalwerte erreicht, wieder besonders bei Riedlinger und Zeiners-Franken, 1927. Schwefelsäure (p_H 1,6) wirkte wohl günstig auf die Keimenergie, jedoch auf die Gesamtkeimung noch etwas nachteilig, während Phosphorsäure (p_H 1,6) wiederum fast keine Keimung aufkommen ließ. Mit Schwefelsäure (p_H 1,8) war nunmehr optimale Keimung erreicht, während mit Phosphorsäure im selben p_H-Bereich nur gehemmte Keimung möglich war, welche sich besonders nachteilig auf Riedlinger-Gerste und Zeiners-Gerste 1927 auswirkte. Eine p_H-Konzentration von 2,0 der Phosphorsäure bedingte bei allen Sorten optimale Keimung. Mit geringen Schwankungen wurde in diesem p_H-Bereich mit den anderen Säuren die optimale Keimung erhalten. Auch in den schwächeren Konzentrationen blieb mit Ausnahme der Phosphorsäureversuche an der schlecht keimenden Riedlinger-Gerste die Gesamtkeimung nach 8 und 14 Tagen so ziemlich optimal bestehen, während die Keimenergie mit allen Samen

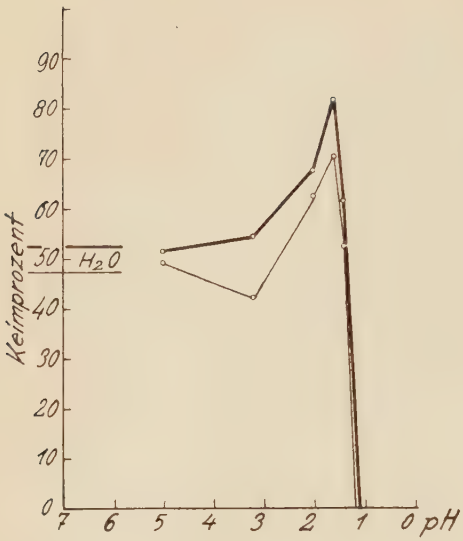


Fig. 33.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in HCl nach 2 und 3 Tagen.

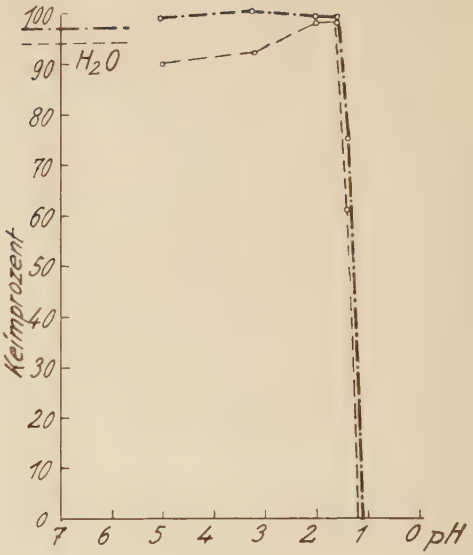


Fig. 34.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in HCl nach 8 und 14 Tagen.

Fig. 35.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Vollständige Keimung (PL. + Rad) in HCl nach 8 und 14 Tagen.

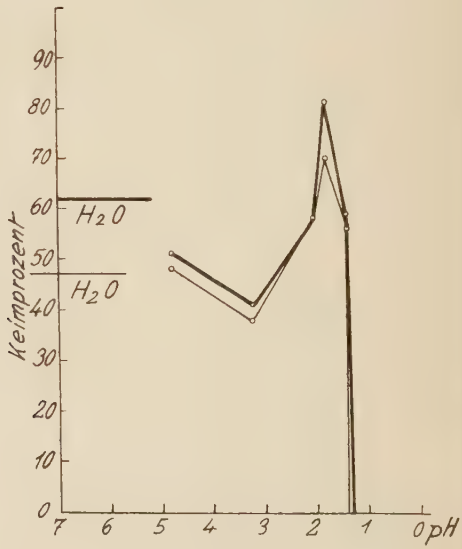


Fig. 36.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in H_2SO_4 nach 2 und 3 Tagen.

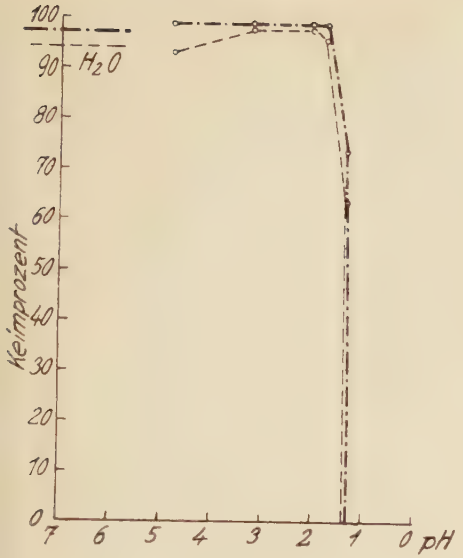


Fig. 37.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in H_2SO_4 nach 8 und 14 Tagen.

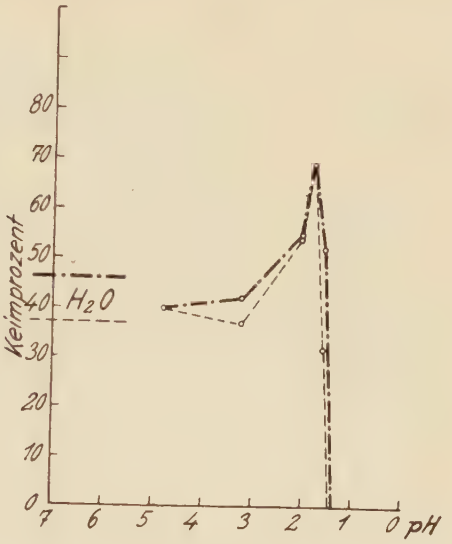


Fig. 38.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in H_2SO_4 nach 8 und 14 Tagen.

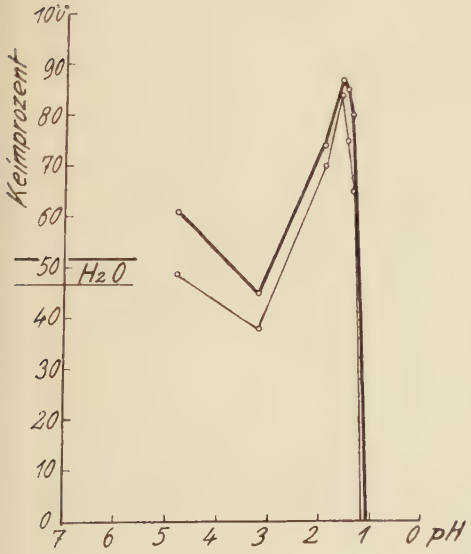


Fig. 39.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in HNO_3 nach 2 und 3 Tagen.

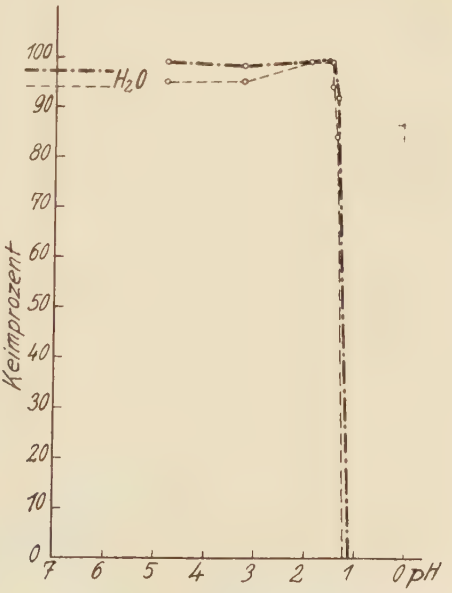


Fig. 40.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in HNO_3 nach 8 und 14 Tagen.

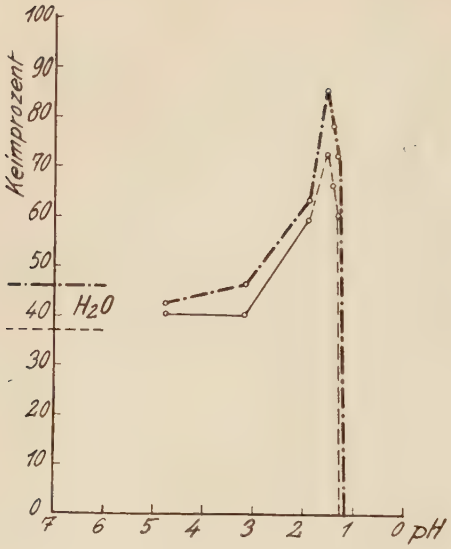


Fig. 41.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in HNO_3 nach 8 und 14 Tagen.

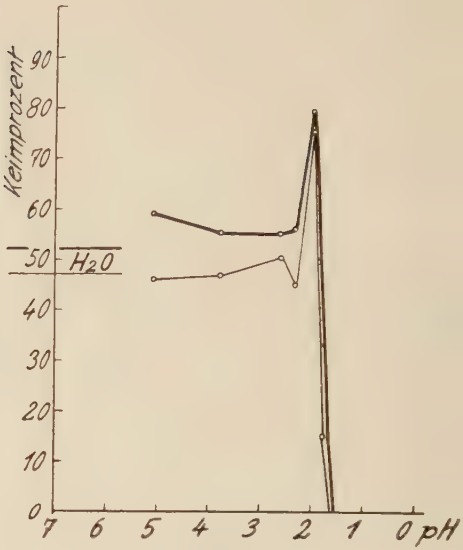


Fig. 42.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in H_3PO_4 nach 2 und 3 Tagen.

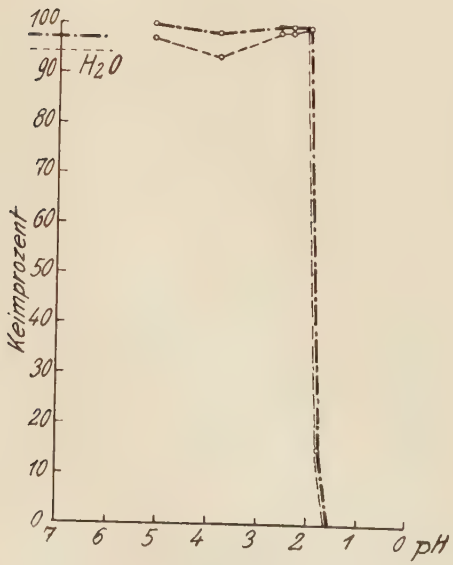


Fig. 43.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in H_3PO_4 nach 8 und 14 Tagen.

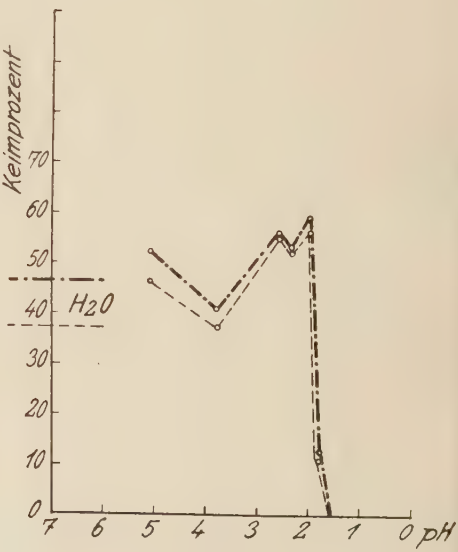


Fig. 44.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in H_3PO_4 nach 8 und 14 Tagen.

und bei allen Säuren nach 2 und 3 Tagen allmählich zum Teil bis auf die Wasserwerte herabsank.

Festuca. — Das Erhalten einheitlichen Samenmaterials ist hier etwas schwieriger; das spricht sich auch in gewissen Schwankungen der Keimresultate aus.

In den Lösungen von Salz- und Salpetersäure mit einem p_H-Wert von 1,6 und ebenso von Schwefelsäure mit einem solchen von p_H 1,8 war nur geringe und gehemmte Keimung möglich. Keine Keimung trat aber auf in Phosphorsäure mit p_H 1,8 und selbst in dem p_H-Bereich von 2,0 war mit dieser Säure noch eine auffallend starke Hemmung zu verzeichnen. Die anderen Säuren zeigten im p_H-Bereich von 2,0 wohl eine ausgesprochene Hemmung in der Keimenergie, nicht aber besonders in der Gesamtkeimkraft. Das Optimum wird mit Salz-, Schwefel- und Salpetersäure im p_H-Bereich von 3,2 mit Phosphorsäure im p_H-Bereich von 2,6 bis 3,8 erreicht. Die optimalen Werte bleiben auch in den höheren Bereichen bestehen, was sich besonders mit Salz- und Schwefelsäure äußert.

c) Rückblick über die Versuchsergebnisse in ungepufferten Säurelösungen

Aus den vorliegenden Keimversuchen mit verschiedenen Säuren und wechselndem p_H-Wert läßt sich in den angewendeten Konzentrationen ungefähr folgendes zusammenfassen:

Bei einem *p_H-Wert von 1,2* und darunter tritt keine wirkliche Keimung mehr ein (festgestellt mit Salz-, Schwefel- und Salpetersäure).

Bereits bei einem *p_H-Wert von 1,4* (festgestellt mit Salz-, Schwefel- und Salpetersäure) war mehr oder weniger gehemmte Keimung möglich. Verschiedene Sorten ein und derselben Art verhalten sich dabei nicht übereinstimmend. So keimte z. B. der bespelzte Hohenheimer 2 A Hafer in Salzsäure nach 8 Tagen zu 63% unter Stamm und Wurzelentwicklung, während der bespelzte Kirsches-Gelbhafer nur zu 21% keimte. Ebenso verhielten sich die Gersten, wobei in Salzsäure Heines Goldhorpe und Zeiners Franken Gerste 1926 nach 8 Tagen zu 75% mit Stamm- und Wurzelentwicklung keimten, während die Riedlinger Gerste nur 41 und die Zeiners Frankengerste 1927 nur 40 Keimprozente aufwiesen. Unter den Weizensorten war ebenso der Dippes-Bordeaux-Weizen weniger empfindlich als die beiden anderen Weizensorten.

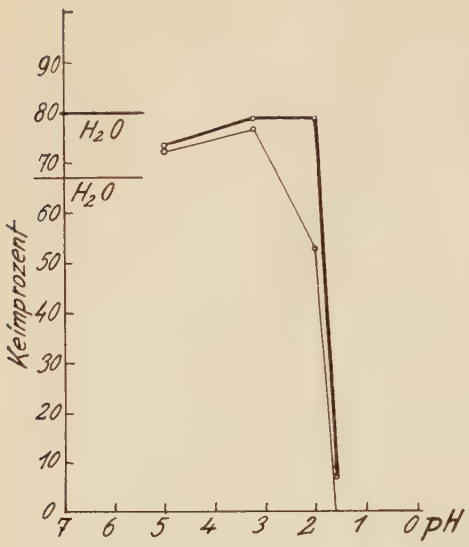


Fig. 45.
Festuca arundinacea.
Keimung in HCl nach 6 und 16 Tagen.

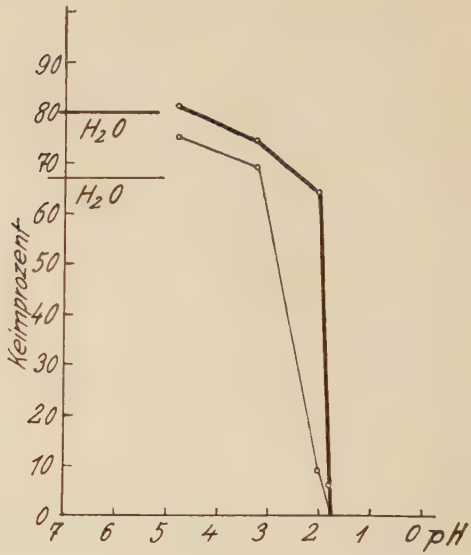


Fig. 46.
Festuca arundinacea.
Keimung in H_2SO_4 nach 6 und 16 Tagen.

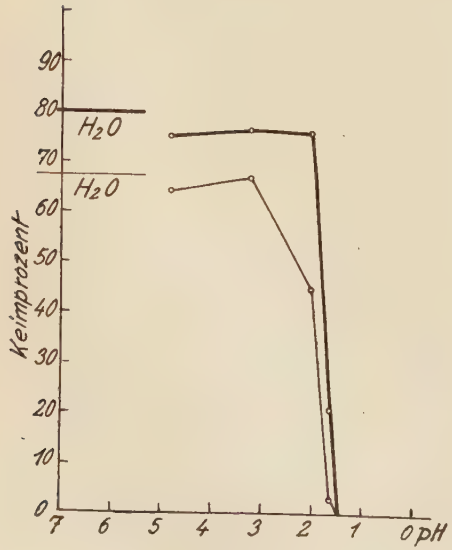


Fig. 47.
Festuca arundinacea.
Keimung in HNO_3 nach 6 und 16 Tagen.

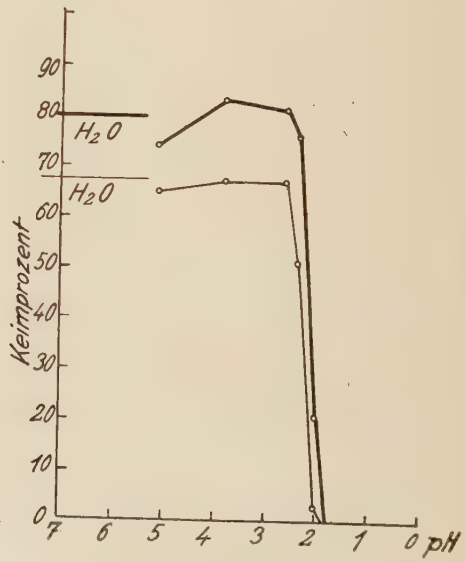


Fig. 48.
Festuca arundinacea.
Keimung in H_3PO_4 nach 6 und 16 Tagen.

Neben den Sortendifferenzen spielt aber auch die Bespelzung eine besondere Rolle. Das macht sich einmal bei Gegenüberstellung von regelmäßig bespelzten und unbespelzten Arten geltend. So weisen bespelzte Hafer- und besonders die bespelzten Gerstensorten eine viel höhere Keimfähigkeit in diesen Konzentrationen auf, als die spelzenlosen Weizensorten. Z. a. zeigen sich die bespelzten Hafersorten den entspelzten gegenüber viel widerstandsfähiger. Zu bemerken wäre dann bei all diesen Versuchen, daß in denselben p_H-Stärken die Salzsäure weniger günstig wirkte als die Salpetersäure. So erfahren die Gerstensorten in Salpetersäure bereits eine Erhöhung der Keimenergie und stehen in der Keimkraft den Wasserversuchen gleich. Am auffallendsten ist dies bei der schlecht keimenden Riedlinger-Gerste.

In den schwefelsäure- und phosphorsäurehaltigen Lösungen mit einem p_H-*Wert von 1,6* trat bei allen untersuchten Samen noch eine Benachteiligung der Keimung ein, welche mit Schwefelsäure ungefähr den Werten von Salzsäure mit p_H 1,4 gleichkommt; mit Phosphorsäure blieb die Keimung bei Weizen, bespelztem Hafer, bei Gerste und *Festuca*samen fast vollständig aus, während der entspelzte Hafer in bemerkenswerter Weise z. T. auch mit Stamm und Wurzelentwicklung bis zu 7% keimte. In den nächsten Konzentrationen mit einem p_H-*Wert von 1,6* aus Salz- und Salpetersäure waren Weizen, entspelzter Hafer und *Festuca*samen den Wasserversuchen gegenüber noch gehemmt; die bespelzten Hafer- und Gerstensamen sind den Wasserversuchen gegenüber gefördert und weisen z. T. schon optimale Keimung auf.

Schwefel- und besonders phosphorsäurehaltige Lösungen vom p_H-*Wert 1,8* wirken auf die Keimung von Weizen-, entspelztem Hafer- und *Festuca*samen noch hemmend, auf bespelzte Hafer- und Gerstensamen wirkte dagegen Schwefelsäure fördernd, während Phosphorsäure mit Ausnahme des Hohenheimer 2 A - Hafers und der Zeiner-Gerste 1926 auf die anderen bespelzten Samen schädigend wirkte. Sehr auffallend sind hierbei die außerordentlich geringen Keimprozente bei der schlecht keimenden Riedlinger- und Zeiner-Gerste frischer Ernte.

Für die *optimale Keimung* läßt sich ungefähr die Tabelle auf S. 438 unter Berücksichtigung des p_H-Wertes geben.

Die einzelnen Arten haben demnach ihre optimale Keimung beim ungefähr gleichen p_H-Wert, welcher jedoch innerhalb der einzelnen Säuren gewissen Abweichungen unterworfen ist.

Samenart	Salzsäure p_H	Schwefelsäure p_H	Salpetersäure p_H	Phosphorsäure p_H
Weizen 1926				
Alte Zucht 1926	2,0 3,2 5,0	2,05 3,25 4,8	1,95 3,2 4,8	2,35 2,6 3,2 3,8 5,1
Dippes Bordeaux	desgleichen	desgleichen	desgleichen	desgleichen
Hohenheimer 25 f.	„	„	„	„
Entspelzter Hafer 1926				
Hohenheimer 2 A	3,2 5,0	2,05	1,95	2,0 2,35 2,6
Kirsches gelb	2,0	2,05	1,95	2,0 2,35 2,6
Bespelzter Hafer 1926				
Hohenheimer 2 A	2,0	1,8 2,05	1,6	2,0
Kirsches gelb	1,6	1,8	1,6	2,0
Gerste				
Heines Goldhorpe 1926 . .	1,6 2,0	1,8	1,6 1,95	2,0
Riedlinger 1926	1,6	1,8	1,6	2,0
Zeiner Franken 1926 . . .	1,6	1,8	1,6 1,95	2,0
Zeiner Franken 1927 . . .	1,6	1,8	1,6	2,0
Festuca arundinacea	3,2	4,8	3,2	2,6 3,8

Diejenigen Säurelösungen, welche höhere p_H-Werte aufweisen, als die bei der optimalen Keimung angeführten, wirken, unter Bezugnahme auf die Kontrollwasserversuche, für sämtliche Samen nicht nachteilig. Weizen und entspelzter Hafer weichen nur wenig von den optimalen Werten ab; Gerste und bespelzter Hafer werden z. T. in der Keimenergie verringert, die Keimkraft sinkt jedoch nicht unter die Werte der Wasserversuche herab.

IV. Keimversuche in gepufferten p_H-Lösungen

Die Herstellung gepufferter Lösungen mit wechselndem p_H-Wert kann auf mancherlei Weise erfolgen, wobei die verschiedensten Säuren und Salze zur Verwendung kommen können. Da die in solchen Pufferlösungen abspaltbaren Ionen nicht allein nach ihrem p_H-Wert, also nach dem Wert an wirksamen H- oder OH-Ionen, sondern neben den Restionen auch nach ihrer Salzkonzentration wirken, so ist eine graphische Auswertung der Gesamtresultate nur innerhalb derselben molaren Lösungen möglich. Hier soll also nicht in erster Linie der Vergleich in der verschiedenen p_H-Wirkung in den Vordergrund treten, sondern auch die Wirkung gepufferter Lösungen gegenüber ungepufferten. Es sollen daher auch die Resultate, welche in den vorliegenden Fällen mit der gepufferten Salzsäure erhalten wurden, denjenigen mit ungepufferter Salzsäure

gegenübergestellt werden und ebenso die gepufferten Natriumphosphatlösungen denjenigen mit ungepufferter Phosphorsäure.

1. Keimversuche in Natrium-, Kalium- und Calciumchlorid-Pufferlösungen mit p H-Werten von 1,4 bis 3,0

Aus älterer Zeit liegen nur wenige Untersuchungen mit diesbezüglicher Fragestellung vor. So führte z. B. Lundegardh (1923) neben seinen weiter oben erwähnten Keimversuchen mit Weizen in salzsauren Lösungen im p_H-Bereich von 4,0 bis 7,0, Parallelversuche in mit 0,0005 Calciumchlorid versetzten Salzsäurelösungen im selben p_H-Bereich durch. In den mit $Ca(Cl)_2$ versetzten Lösungen zeigte sich dabei eine geringere Keimung als in den Säurelösungen allein.

Die nunmehr folgenden eigenen Untersuchungen wurden mit salzsauren, bernsteinsauren und phosphorsauren Puffergemischen, welche nach Kolthoff (1926) hergestellt wurden, ausgeführt. Zum besseren Verständnis wird die Zusammensetzung dieser Lösungen jeweils in den Tabellen S. 454—455 und den einzelnen zu besprechenden Abschnitten mitgeteilt.

p_H-Bereich = 1,4. — (41,5 ccm ⅕ mol HCl + 50 ccm ⅕ mol KCl-Lösung + destill. Wasser auf 200 ccm.) Der *Hohenheimer Weizen alter Zucht* keimte in dieser gepufferten Lösung nach einem Tag mit 3, nach zwei Tagen mit 3, nach drei Tagen mit 11 und nach acht Tagen mit 15%. In der ungepufferten Salzsäurelösung mit gleichem p_H-Wert keimte derselbe Weizen in derselben Zeit zu 10,2 und 29, in destilliertem Wasser zu 96, 99 und 99%. Es keimte also dieser Weizen in der gepufferten p_H-Lösung am schlechtesten, was auch deutlich aus der Plumula- und Radiculaentwicklung hervorging. Die Radicula erreichte in den Wasserversuchen nach acht Tagen eine Länge von 6 cm, während sie in der gepufferten Lösung nur eine solche von 0 bis 0,5 und in der ungepufferten eine solche von 0 bis 1,0 aufwies.

Die *beiden anderen Weizen*, hauptsächlich Dippes Bordeaux, erlangten in den gepufferten Lösungen nach dem zweiten Tag etwas höhere Keimprozente; im großen ganzen wurden sie aber, wie die Tabelle zeigt, im selben Maße nachteilig beeinflußt wie der vorherige Weizen.

Der *entspelzte Hafer 2 A* keimte in der gepufferten Lösung am ersten und zweiten Tag zu 26% und 35%; eine Erhöhung trat auch nach dem achten Keimtage nicht mehr ein. In der entsprechenden ungepufferten Salzsäurelösung waren nach zwei und acht Tagen 42 und in Wasser schon nach einem Tag 98 Keimprozent erreicht. In

Keimung von Weizen Hohen

	HCl					H_2SO_4			
Keimtage:	1	2	8	P + R 8	p_H Abbau 2 Tg.	1	2	8	P + R 8
p_H = 1,4	10	26	29	23	3,0	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	29	93	—	—	3,6	27	37	45	35
1,8	—	—	—	—	—	54	90	—	—
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	98	99	—	—	5,6	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	98	100	—	—
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	100	100	—	—	6,5	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	99	99	—	—
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	99	100	—	—
5,0	99	100	—	—	6,6	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	96	99	99	99	6,6	—	—	—	—

Keimung von Weizen

p_H = 1,4	25	50	50	35	3,4	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	71	94	—	—	3,9	29	47	47	40
1,8	—	—	—	—	—	74	95	—	—
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	98	99	—	—	5,8	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	97	100	—	—
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	98	99	—	—	6,6	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	96	99	—	—
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	96	98	99	—
5,0	100	100	—	—	6,8	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	91	97	100	100	6,6	—	—	—	—

Keimung von Weizen Hohen

p_H = 1,4	10	28	30	25	3,2	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	45	90	51	—	3,7	22	37	42	30
1,8	—	—	—	—	—	51	89	—	—
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	97	100	—	—	5,3	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	97	99	—	—
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—

heimer S. W. alte Zucht 1926

	HNO_3					H_3PO_4				
p_H Abbau 2 Tg.	1	2	8	P + R 8	p_H Abbau 2 Ta.	1	2	8	P + R 8	p_H Abbau 2 Tg.
—	36	47	61	40	3,0	—	—	—	—	—
—	36	64	84	74	3,2	—	—	—	—	—
3,2	65	98	—	—	4,3	3	3	1	—	1,9
3,6	—	—	—	—	—	24	40	49	46	3,0
—	99	99	—	—	5,0	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	80	99	—	—	3,4
5,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	98	99	—	—	6,1
—	—	—	—	—	—	98	100	—	—	6,3
—	99	100	—	—	6,5	—	—	—	—	—
6,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	100	100	—	—	6,7
6,6	99	100	—	—	6,5	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	99	100	—	—	6,6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dippes Bordeaux 1926										
—	40	43	66	60	3,8	—	—	—	—	—
—	43	72	91	74	3,4	—	—	—	—	—
3,2	75	90	—	—	—	2	2	1	—	2,0
3,8	—	—	—	—	3,8	28	43	44	—	3,2
—	98	99	—	—	6,0	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	84	100	—	—	3,8
6,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	100	100	—	—	6,3
—	—	—	—	—	—	99	100	—	—	6,2
—	99	100	—	—	6,8	—	—	—	—	—
6,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	99	99	—	—	6,8
6,8	99	99	—	—	6,7	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	99	100	—	—	6,8
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
heimer S. W. fl. 25 f. 1926										
—	27	40	55	40	3,0	—	—	—	—	—
—	34	56	71	60	3,1	—	—	—	—	—
3,0	53	87	—	—	3,5	—	—	—	—	2,0
3,6	—	—	—	—	—	24	43	43	39	3,2
—	97	100	—	—	4,8	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	76	96	—	—	36
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Keimung von Weizen Hohen

	HCl					H_2SO_4			
Keimtage:	1	2	8	P + R 8	p_H Abbau 2 Tg.	1	2	8	P + R 8
p_H = 2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	99	99	—	—	6,5	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	99	100	—	—
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	100	100	—	—
5,0	99	100	—	—	6,5	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	49	83	98	98	6,5	—	—	—	—
						Keimung von Hafer entspelzt			
p_H = 1,4	—	42	42	25	2,6	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	82	95	—	—	4,3	—	40	40	27
1,8	—	—	—	—	—	69	95	—	—
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	97	99	—	—	5,8	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	99	99	—	—
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	98	100	—	—	6,5	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	96	98	—	—
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	96	99	—	—
5,0	99	100	—	—	7,2	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	98	98	98	97	7,4	—	—	—	—
						Keimung von Hafer			
p_H = 1,4	—	30	50	20	3,0	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	55	88	—	—	3,6	—	35	35	20
1,8	—	—	—	—	—	67	88	—	—
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	95	99	—	—	4,6	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	94	95	—	—
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	86	98	—	—	6,0	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	82	95	—	—
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	87	98	—	—
5,0	84	98	—	—	7,2	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	88	92	97	97	7,4	—	—	—	—

heimer fl. 25 f. 1926

	HNO_3					H_3PO_4				
pH Abbau 2 Tg.	1	2	8	P + R 8	pH Abbau 2 Tg.	1	2	8	P + R 8	pH Abbau 2 Tg.
—	—	—	—	—	—	97	98	—	—	6,2
—	99	99	—	—	6,5	—	—	—	—	—
6,4	—	—	—	—	—	98	100	—	—	5,6
—	—	—	—	—	—	98	100	—	—	6,4
6,4	99	99	—	—	6,4	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	99	100	—	—	6,7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hohenheimer 2 A IV 1926										
—	—	65	68	38	2,8	—	—	—	—	—
—	55	78	79	50	3,4	—	—	—	—	—
3,0	66	99	—	—	4,2	22	22	15	7	1,9
4,0	—	—	—	—	—	38	39	40	40	2,8
—	96	99	—	—	5,8	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	98	99	—	—	3,8
5,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	98	99	—	—	5,4
—	—	—	—	—	—	98	100	—	—	5,7
—	92	99	—	—	6,5	—	—	—	—	—
6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	90	99	—	—	6,3
7,2	93	98	—	—	7,2	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	94	99	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,2
entspelzt Kirsches gelb 1926										
—	—	38	62	40	3,1	—	—	—	—	—
—	42	58	65	21	3,2	—	—	—	—	—
3,1	73	93	—	—	4,0	14	14	8	7	2,4
3,9	—	—	—	—	—	36	37	—	—	3,0
—	93	99	—	—	5,8	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	95	96	—	—	3,6
5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	92	98	—	—	5,5
—	—	—	—	—	—	92	98	—	—	5,7
—	82	98	—	—	6,7	—	—	—	—	—
6,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	83	95	—	—	6,6
7,2	91	95	—	—	7,2	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	87	97	—	—	7,2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Keimung von Festuca

	HCl					H_2SO_4			
Keimtage:	6	16	8	P + R 8	p_H Abbau 6 Tg.	6	16	8	P + R 8
p_H = 1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	—	7	—	—	2,3	—	—	—	—
1,8	—	—	—	—	—	—	6	—	—
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	52	78	—	—	5,2	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	9	64	—	—
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	76	78	—	—	8,0	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	69	74	—	—
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	75	81	—	—
5,0	72	73	—	—	7,8	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	67	80	—	—	7,4	—	—	—	—

Keimung von Hafer

	HCl						H_2SO_4				
Keimtage:	2	3	8	P + R 8	14	P + R 14	2	3	8	P+R 8	14
p_H = 1,4	15	27	80	63	83	70	—	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	26	41	89	66	93	80	12	42	61	50	88
1,8	—	—	—	—	—	—	26	42	85	61	95
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	26	38	88	66	95	95	—	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	—	33	38	85	62	90
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	37	50	80	50	94	62	—	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	—	42	57	89	57	92
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	—	34	47	88	67	89
5,0	39	41	91	59	91	75	—	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	26	35	84	50	94	75	—	—	—	—	—

arundinacea (Rohrschwingl) 1926

	HNO_3					H_3PO_4				
p_H Abbau 6 Tg.	6	16	8	P + R 8	p_H Abbau 6 Tg.	6	16	8	P + R 8	p_H Abbau 6 Tg.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3	21	—	—	2,6	—	—	—	—	—
2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	45	76	—	—	4,1	3	21	—	—	2,4
3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	51	76	—	—	5,6
—	—	—	—	—	—	67	81	—	—	6,5
—	67	76	—	—	7,9	—	—	—	—	—
7,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	67	83	—	—	8,0
8,0	64	75	—	—	7,8	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	65	74	—	—	8,0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

bespelzt Hohenheimer 2A

	HNO_3						H_3PO_4					
P+R 14	2	3	8	P + R 8	14	P + R 14	2	3	8	P + R 8	14	P+R 14
—	21	32	80	62	94	83	—	—	—	—	—	—
—	25	32	83	62	95	83	—	—	—	—	—	—
82	27	39	94	62	95	86	—	—	1	—	2	·
81	—	—	—	—	—	—	25	26	82	60	84	66
—	31	39	86	60	89	83	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	32	38	88	70	96	77
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	29	36	73	46	90	75
—	—	—	—	—	—	—	31	40	74	46	90	65
—	36	43	80	66	94	77	—	—	—	—	—	—
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	40	42	88	63	93	72
75	41	45	81	55	83	67	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	40	49	89	63	91	75
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Keimung von Hafer bespelzt

	HCl						H_2SO_4				
Keimtage:	2	3	8	P + R 8	14	14 P + R	2	3	8	P + R 8	14
p_H = 1,4	12	15	28	21	36	29	—	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	25	34	67	48	88	74	12	21	45	36	74
1,8	—	—	—	—	—	—	21	39	67	46	78
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	23	27	59	31	82	60	—	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	—	19	32	57	26	76
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	20	25	51	33	63	35	—	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	—	15	17	55	34	70
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	—	17	23	64	34	79
5,0	20	29	56	39	70	65	—	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	19	20	47	33	84	77	—	—	—	—	—
											Keimung von Gerste
p_H = 1,4	57	81	94	75	95	82	—	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	87	94	100	91	100	96	61	81	94	73	94
1,8	—	—	—	—	—	—	88	97	100	91	100
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	94	97	96	91	100	95	—	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	—	94	95	98	80	99
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	74	81	99	48	100	61	—	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	—	77	82	99	63	100
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	—	73	75	99	62	99
5,0	70	80	100	59	100	60	—	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
H_2O = —	75	80	99	66	100	69	—	—	—	—	—
											Keimung von Gerste
p_H = 1,4	18	32	58	41	91	47	—	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	38	63	98	71	100	74	37	55	79	43	83
1,8	—	—	—	—	—	—	44	66	95	64	100
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	44	54	99	52	99	57	—	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	—	44	56	97	41	98
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Kirtschers Gelbhafer

	HNO_3						H_3PO_4					
P + R 14	2	3	8	P + R 8	14	P + R 14	2	3	8	P + R 8	14	P + R 14
—	10	18	44	35	73	57	—	—	—	—	—	—
—	21	27	68	47	89	79	—	—	—	—	—	—
53	24	32	78	55	89	84	—	—	—	—	1	—
69	—	—	—	—	—	—	20	22	33	27	36	32
—	22	31	73	41	84	74	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	29	35	56	41	86	69
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	26	33	37	26	71	68
—	—	—	—	—	—	—	28	28	34	26	62	55
—	16	29	60	29	76	50	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	20	28	66	37	84	63
70	22	28	50	33	66	33	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	17	23	48	26	86	77
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heines Goldhorpe 1926												
—	72	93	96	66	99	83	—	—	—	—	—	—
—	87	93	96	79	99	85	—	—	—	—	—	—
81	89	93	99	90	100	93	—	2	—	—	—	—
94	—	—	—	—	—	—	61	68	68	44	88	50
—	94	96	99	90	100	90	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	90	95	99	85	99	87
84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	87	90	100	76	100	76
—	—	—	—	—	—	—	81	82	99	64	100	71
—	82	83	99	58	100	60	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	74	76	99	62	100	74
65	81	81	100	59	100	60	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	75	79	98	62	98	62
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hohenheimer Ridlinger 1926												
—	27	56	85	52	98	62	—	—	—	—	—	—
—	57	69	92	55	99	69	—	—	—	—	—	—
46	46	76	99	76	100	78	—	—	—	—	—	—
78	—	—	—	—	—	—	16	20	20	9	20	11
—	52	59	99	50	100	68	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	41	67	97	64	98	65
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	36	46	97	47	99	50

Keimung von Gerste

	HCl						H_2SO_4				
Keimtage:	2	3	8	P + R 8	14	P + R 14	2	3	8	P + R 8	14
p_H = 2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	20	27	63	23	93	23	—	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	—	20	29	63	19	94
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	—	20	24	73	25	92
5,0	20	23	64	20	93	28	—	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	19	30	39	20	98	33	—	—	—	—	—

Keimung von Gerste

p_H = 1,4	50	76	96	75	96	88	—	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	90	96	99	84	100	95	56	83	99	71	100
1,8	—	—	—	—	—	—	90	96	99	90	100
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	93	93	100	74	100	86	—	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	—	92	93	99	82	100
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	57	69	100	44	100	60	—	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	—	60	67	96	43	98
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	—	66	75	99	55	100
5,0	61	75	99	51	100	63	—	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	48	65	99	58	100	59	—	—	—	—	—

Keimung von Gerste

p_H = 1,4	52	61	61	40	75	52	—	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	70	81	98	60	99	60	56	59	64	32	74
1,8	—	—	—	—	—	—	70	81	96	69	99
1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	62	67	98	55	99	58	—	—	—	—	—
2,05	—	—	—	—	—	—	58	58	98	54	99
2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,2	42	54	92	40	100	43	—	—	—	—	—
3,25	—	—	—	—	—	—	38	41	98	37	99
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	—	48	51	93	40	99
5.0	49	51	90	40	99	43	—	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O = —	47	52	94	37	97	46	—	—	—	—	—

Hohenheimer Riedling 1926

	HNO_3						H_3PO_4					
P+R 14	2	3	8	P+R 8	14	P+R 14	2	3	8	P+R 8	14	P+R 41
—	—	—	—	—	—	—	19	35	83	32	99	42
—	32	34	62	28	97	28	—	—	—	—	—	—
36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	30	30	76	21	94	23	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	27	27	76	24	78	31
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Zeiners Franken 1926												
—	66	88	96	74	99	92	—	—	—	—	—	—
—	87	93	99	81	99	92	—	—	—	—	—	—
77	89	96	98	93	100	93	—	2	—	—	—	—
90	—	—	—	—	—	—	69	70	73	47	96	64
—	94	97	100	88	100	93	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	92	92	100	88	100	91
84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	89	89	99	76	100	81
—	—	—	—	—	—	—	71	85	99	59	100	69
—	66	73	98	56	100	61	—	—	—	—	—	—
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	60	76	98	56	100	62
59	67	77	99	53	100	64	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	62	69	94	45	99	63
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Zeiners Franken 1927												
—	65	80	84	60	92	72	—	—	—	—	—	—
—	75	85	94	66	99	78	—	—	—	—	—	—
52	84	87	99	72	99	85	—	—	—	—	—	—
69	—	—	—	—	—	—	15	15	15	11	16	13
—	70	74	99	59	99	63	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	75	79	99	56	99	59
55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	45	56	98	52	99	53
—	—	—	—	—	—	—	50	65	98	45	99	46
—	38	45	95	40	98	46	—	—	—	—	—	—
42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	47	55	93	37	98	41
40	49	61	95	40	99	42	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	46	59	97	46	100	52
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

der gepufferten Lösung haben wir somit die niedrigsten Werte. Auch blieb das Wachstum von Plumula und Radicula zurück; in den Wasserversuchen war die Wurzellänge auf 3 cm nach acht Tagen gewachsen, während dieselbe in der gepufferten Lösung zwischen 0 und 1,0 variierte.

Der Kirschies-*Gelbhafer entspelzt* keimte noch schlechter als der obige Hafer; das Wachstum war noch mehr gehemmt.

Der *bespelzte Hafer 2 A* keimte in der gepufferten Lösung am 2., 3., 8. und 14. Tage zu 5, 11, 19 und 58%; in der ungepufferten Lösung keimte er in der gleichen Zeit zu 15, 27, 80 und 83 und in Wasser zu 26, 35, 84 und 94%. Die Keimung blieb also in den gepufferten Lösungen am weitesten zurück, was sich auch beim Wurzelwachstum äußerte. In destilliertem Wasser war die Länge nach 8 Tagen auf 4,5, in der ungepufferten Lösung auf 2,5 cm und in der gepufferten auf 2,0 cm angewachsen.

Kirsches *Gelbhafer* wurde, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, in dem Keimungsverlauf durch die ungepufferte Lösung stärker gehemmt als der vorhergehende Hafer.

Heines *Goldhorpe* keimte in der ungepufferten Lösung nach 2, 3, 8 und 14 Tagen zu 2, 10, 10, 10%; diesen stehen in derselben Zeit in der ungepufferten Lösung 57, 81, 94, 95 und in Wasser 75, 80, 99 und 100% gegenüber. Hier sehen wir also besonders deutlich den Nachteil der Keimung in gepufferten Lösungen; er erstreckt sich auch auf das Wurzelwachstum, indem die Wurzel in Wasser und in der ungepufferten eine Länge von 2,0, in der gepufferten Lösung nur eine solche von 1,8 cm erreichte.

Bei den *anderen Gerstensorten* waren die Keimschädigungen in den gepufferten Lösungen noch viel größer, was sich besonders, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, bei der sehr schwachen Wurzelentwicklung von Zeiners Frankengerste bemerkbar macht.

p_H-Bereich = 1,6. — (26,3 ccm ⅕ mol HCl + 50 ccm ⅕ mol KCl-Lösung + destill. Wasser auf 200 ccm.) Auch in dieser gepufferten Lösung mit einem p_H-Wert von 1,6 war die Keimung der *Weizensamen* noch sehr gehemmt. Die besten Resultate erzielte Dippes Bordeaux mit 37 Keimprozent nach 1 und 2 Tagen und mit 53% nach 8 Tagen. Diesen Werten stehen in der ungepufferten Lösung nach 1 und 2 Tagen 71 und 94 sowie in Wasser 91 und 97% gegenüber. Die Wurzelschädigung ließ nach; die Länge betrug nach acht Tagen in der gepufferten Lösung 2 cm.

Die Keimung des *entspelzten Hafers 2 A* hat sich in der gepufferten Lösung noch nicht verbessert; diejenige des *Gelbhafers*

stieg etwas an, sie bleibt jedoch hinter den Werten der Keimung in ungepufferten Lösungen zurück. Das Wurzelwachstum ist gegenüber den Werten bei p_H 1,4 etwas erhöht.

Der *bespelzte Hafer* 2 *A* wies am 2., 3., 8. und 14. Tage in der gepufferten Lösung 22, 38, 47 und 90 Keimprozent auf, welchen zu denselben Zeiten in der ungepufferten Salzsäurelösung 26, 41, 89 und 93%, in Wasser 26, 35, 84 und 94% gegenüberstehen. Das Wachstum war in der gepufferten Lösung sehr gut; Plumula und Radicula erreichten eine Länge von 10 bzw. 6,0 cm, welchen im Wasser eine solche von 11,0 bzw. eine solche von 4,5 cm gleichkam.

Der Kirsches-*Gelbhafer* keimte etwas schlechter wie der 2 A-Hafer, doch waren die Werte, welche in der gepufferten Lösung von p_H 1,6 erhalten wurden, bedeutend besser als diejenigen mit p_H 1,4.

Die *Gerstensamen* erfahren in der gepufferten Lösung vom p_H-Wert 1,6 auffallend gute Werte. So weist die Zeiner-Gerste 1926 eine größere Keimenergie darin auf wie in Wasser; die Keimprozente nach 8 und 14 Tagen sind annähernd gleich. Bei allen Gerstensorten ist die Zahl der vollständig gekeimten Körner auch in der gepufferten Lösung größer als in Wasser. Das Stamm- und Wurzelwachstum bewegt sich noch etwas hinter den Normalwerten.

Die *Festucasamen* sind in der gepufferten Lösung vom p_H-Wert 1,6 am meisten geschädigt, indem nach 6 und 16 Tagen 0 bzw. 7 Keimprozente erzielt wurden, welchen in Wasser 67 bzw. 80 gegenüberstehen. Stamm- und Wurzelwachstum waren dabei stark geschädigt.

p_H-Bereich = 2,0. — (10,6 ccm ⅕ mol HCL + 50 ccm ⅕ mol KCL + destill. Wasser auf 200 ccm.) In den gepufferten Lösungen mit einem p_H-Wert von 2,0 erfolgt die Keimung der *Weizensamen* sehr gut. Sie ist besser als in den Wasserversuchen und ist gegenüber der ungepufferten Salzsäurelösung von gleichem p_H nur am 1. Tag um einige Keimprozente zurück. Das Wachstum von Wurzel und Stamm war in den gepufferten Lösungen normal; es blieb nur wenig in der Länge hinter den Wasserversuchen zurück.

Die *entspelzten Hafersamen* keimen in der gepufferten Lösung nicht ausgesprochen schlechter als in Wasser, wenngleich die K.E. am 1. Tag bei dem 2 A-Hafer um einige Prozente schlechter war, am 2. Tag war sie jedoch bei beiden Hafersorten besser. Die besten Ergebnisse erhielt man jedoch wieder mit der ungepufferten Salzsäure mit gleichem p_H-Wert.

Der *bespelzte Hafer* 2 A wies nach 2, 3, 8 und 14 Tagen 31, 48, 74 und 91 Keimprozente in der gepufferten Lösung auf. Diesen stehen in den Wasserversuchen 26, 35, 84, 95 und in der ungepufferten Salzsäurelösung von gleichem p_H-Wert 26, 38, 88 und 95 Keimprozent gegenüber. Die ungepufferte Lösung zeigte also die beste, die gepufferte die schlechteste Keimkraft. Bei Kirsches Gelbhafer tritt dieser Nachteil in der gepufferten Lösung noch mehr hervor, Das Wachstum blieb dagegen in den gepufferten als auch ungepufferten Lösungen hinter dem in Wasser zurück.

Bei der Keimung der *Gerstensorten* ist in den ungepufferten Lösungen die Zeiner-Gerste frischer Ernte besonders auffallend; sie weist sowohl in der K. E. als auch in der K. K. um einige Prozente schlechtere Werte auf als in Wasser. Die drei anderen Gerstensorten erhalten dagegen in der gepufferten Lösung eine gesteigerte K. E., die K. K. bleibt ungefähr den Wasserwerten genähert und ist nur bei der schlecht keimenden Riedlinger Gerste bedeutend größer. Die ungepufferten Salzsäurelösungen von demselben p_H-Wert erzielen jedoch, sowohl in der K. E., K. K. und vollständigen Keimung, die besten Resultate. Die Wurzel- und Stammentwicklung war aber im Wasser am besten.

In der gepufferten Lösung keimen die *Festuca*samen nach sechs Tagen nur zu 12%, während in derselben Zeit bei den Versuchen in Wasser 67 und in ungepufferten Salzsäurelösungen 52 Keimprozent zu erzielen waren. Die Keimkraft war besser, sie blieb aber hinter den Wasserwerten zurück. Die Gesamtentwicklung der in den gepufferten Lösungen gekeimten Samen war demnach besser als in den ungepufferten und auch als in den Wasserversuchen.

p_H-Bereich = 3,0. — (100 ccm $^1/_{10}$ mol HCl + 99 ccm $^1/_{10}$ mol NaOH.) Die nunmehr folgenden Versuche in diesen gepufferten Lösungen unterscheiden sich von den vorhergehenden nur durch den Wechsel im Salz, kaum aber in der molaren Konzentration, da dieselbe wieder annähernd $^1/_{20}$ mol ist. Das Kalium wurde deshalb durch Natrium ersetzt, um einen Übergang zu den Natriumphosphatsalzen zu schaffen.

Die *Weizensorten* keimten in dieser ungepufferten Lösung mit p_H 3,0 noch besser als in der vorhergehenden ungepufferten Lösung mit p_H 2,0 und auch als in Wasser, da die K. E. um einige Prozente gesteigert war. Im Vergleich mit der ungepufferten Salzsäure vom p_H-Wert 3,2 ist kein großer Unterschied feststellbar, da letztere Lösung nur eine um einige Prozente gesteigerte K. E. aufwies. Bemerkenswert ist, daß das Wurzelwachstum in der ungepufferten

Lösung bei dem Hohenheimer Weizen alter Zucht und bei dem Hohenheimer Weizen 25 f. gegenüber den Wasserversuchen bedeutend gefördert wurde.

Die Keimung der *entspelzten Hafersorten* verlief in der ungepufferten Lösung nicht gleich. Der Hafer 2 A blieb nur um einige Prozente hinter dem Wasserversuch und hinter dem Versuch in ungepufferter Salzsäure vom p_H-Wert 3,2 zurück, während der Kirsches-Gelbhafer sehr deutlich gehemmt wurde.

In den gepufferten Lösungen keimt der *bespelzte Hafer* nicht besonders gut, wenn auch die K. E. gegenüber den Wasserversuchen ein klein wenig gesteigert erscheint. Die Gesamtkeimkraft ist bei dem Hafer 2 A weniger geschädigt als bei dem Kirsches-Gelbhafer. Im Vergleich mit der ungepufferten Salzsäure p_H-Wert 3,2, welche gegenüber den Wasserversuchen auch den Kirsches-Gelbhafer selbst hemmt, sind die Schädigungen in der gepufferten Lösung doch erheblicher. Das Wurzelwachstum war hingegen in der gepufferten Lösung am besten, in der ungepufferten Lösung etwas schwächer und am schwächsten in den Wasserversuchen; sie betrug jedoch in letzterem Falle bei dem Hafer 2 A noch 4 cm nach acht Keimtagen.

Die *Gerstensamen* erfahren durch die gepufferte Lösung gegenüber den Wasserversuchen keine Steigerung in der Keimenergie. Heines Goldhorpe und Zeiner-Gerste 1926 haben nach 8 und 14 Tagen dieselben Keimprozente wie die Wasserversuche, während bei den beiden anderen Gersten sowohl die Resultate der Keimenergie als auch besonders der Keimkraft weit hinter denjenigen der Wasserversuche liegen. In der ungepufferten Salzsäurelösung war die Keimfähigkeit aller Gerstensamen am besten. Das Wurzelwachstum war meist gesteigert; bei Riedlinger-*Gerste* betrug der Längenzuwachs gegenüber den Wasserversuchen etwa 2 cm.

In der gepufferten Lösung wurden die *Festucasamen* nur in der Keimkraft gegenüber der ungepufferten Lösung und den Wasserversuchen besonders benachteiligt; nicht aber merklich in der Keimenergie. In der ungepufferten Salzsäure erreichte die Wurzel eine Länge von 3, in der gepufferten eine solche von 2 und in Wasser eine solche von 1,5 cm nach 16 Keimtagen.

2. *Keimversuche in Bernsteinsäure-Boraxlösung vom p_H-Bereich 4,0*

p_H-Bereich = 4,0. — (82,2 ccm $^1/_{20}$ mol Bernsteinsäurelösung + 17,8 ccm $^1/_{20}$ mol Boraxlösung.) Die Keimung sämtlicher Samen

Keimung in gepufferten Lösungen

Keimflüssigkeit		41,5 ccm 1/5 mol HCl + 50 ccm KCl/200				26,3 ccm 1/5 mol HCl + 50 ccm KCl/100					10,6 ccm 1/5 mol HCl + 50 ccm KCl/100					100 ccm 1/10 mol HCl + 99 ccm 1/10 NaOH					8,22 ccm 0,05 mol Bernsteinsäure + 1,78 ccm 0,05 mol Boraxlösung		
Wasserstoffexponent		1,4				1,6					2,0					3,0					4,0		
Keimtage		1	2	3	8	1	2	6	8	16	1	2	6	8	16	1	2	6	8	16	1	2	8
Weizen Hohenheimer S. W. alte Zucht 1926	Keim %	3	3	11	15	19	19	—	35	—	92	99	—	99	—	99	99	—	99	—	99	99	99
	Pl. + Rad.	—	—	—	10	—	—	—	25	—	—	—	—	99	—	—	—	—	94	—	—	—	—
	pH - Abbau	1,8	3,0	—	—	3,2	3,2	—	—	—	3,6	4,6	—	—	—	6,9	7,1	—	—	—	4,6	4,6	—
	Plum. cm	—	—	—	0,2-1,0	—	—	—	4,5	—	—	—	—	4,5	—	—	—	—	3,0	—	—	—	0,1
	Rad. cm	—	—	—	0-3	—	—	—	2,0	—	—	—	—	5,5	—	—	—	—	5,0	—	—	—	0,1
Weizen Dippes Bordeaux 1926	Keim %	5	17	23	23	37	37	—	53	—	95	98	—	100	—	96	99	—	99		99	99	99
	Pl. + Rad.	—	—	—	15	—	—	—	36	—	—	—	—	100	—	—	—	—	88	—	—	—	—
	pH - Abbau	2,0	2,8	3,2	—	3,2	3,2	—	—	—	3,7	4,8	—	—	—	7,0	7,6	—	—	—	4,6	4,8	—
	Plum. cm	—	—		0,3-2,0	—	—	—	4,0	—	—	—	—	3,0	—	—	—	—	2,2	—	—	—	0,1
	Rad. cm	—	—	—	0-2,0	—	—	—	2,0	—	—	—	—	4,5	—	—	—	—	2,5	—	—	—	0,1
Weizen Hohenheimer S. W. fl. 25 1926	Keim %	0	18	22	22	17	24	—	49	—	93	98	—	98	—	96	97	—	98		90	98	98
	Pl. + Rad.	—	—	—	7	—	—	—	37	—	—	—	—	98	—	—	—	—	83	—	—	—	—
	pH - Abbau	1,9	2,4	3,2	—	3,0	3,0	—	—	—	3,6	4,6	—	—	—	6,7	7,3	—	—	—	4,6	4,6	—
	Plum. cm	—	—	—	0,2-0,3	—	—	—	4,0	—	—	—	—	2,5	—	—	—	—	2,8	—	—	—	0,1
	Rad. cm	—	—	—	0-0,1	—	—	—	2,5	—	—	—	—	3,5	—	—	—	—	5,5	—	—	—	0,1
Entspelzt. Hafer Hohenheimer 2A 1926	Keim %	26	35	36	36	22	28	—	34	—	85	98	—	—	—	94	95	—	—	—	96	98	39
	Pl. + Rad.	—	—	—	16	—	—	—	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	pH - Abbau	1.8	2,1	3,0	—	2,2	3,2	—	—	—	2,8	4,3	—	—	—	6,5	6,5	—	—	—	4,4	5,2	—
	Plum. cm	—	—	—	0,2-4,0	—	—	—	0,2-2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2
	Rad. cm	—	—	—	0-1,5	—	—	—	0-2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2
Entspelzt. Hafer Kirsches gelb 1926	Keim %	17	17	—	25	9	30	—	34	—	93	95	—	—	—	85	96	—	—	—	73	76	42
	Pl. + Rad.	—	—	—	12	—	—	—	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	pH - Abbau	2,0	3,3	—	—	2,0	3,2	—	—	—	3,1	4,0	—	—	—	6,5	6,8	—	—	—	4,0	4,8	—
	Plum. cm	—	—	—	0,2-4,0	—	—	—	0,5-2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5
	Rad. cm	—	—	—	0-1,0	—	—	—	0,8-1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2
Festuca arundinacea 1926	Keim %	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	12		61	—	—	63	—	64	—	—	—
	Pl. + Rad.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	pH - Abbau	—	—	—	—	—	—	2,4	—	—	—	—	3,4	—	3,6	—	—	7,4	—	7,8	—	—	—
	Plum. cm	—	—	—	—	—	—	—	—	4,5	—	—	—	—	11,0	—	—	—	—	13,0	—	—	—
	Rad. cm	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2-1,0	—	—	—	—	1,2	—	—	—	—	2,0	—	—	—

Keimflüssigkeit		41,5 ccm 1,5 mol HCl + 50 ccm KCl/200				26,3 ccm 1/5 mol HCl + 50 ccm KCl/100				10,6 ccm 1/5 mol HCl + 50 ccm KCl/100				100 ccm 1/10 mol HCl + 99 ccm 1/10 NaOH				8,22 ccm 0,05 mol Bernsteinsäure + 1,78 ccm 0,05 mol Boraxlösung			
Wasserstoffexponent		1,4				1,6				2,0				3,0				4,0			
Keimtage		2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14
Gerste Heines Goldhorpe1926	Keim %	2	10	10	10	73	76	93	97	86	94	99	100	64	68	100	100	80	82	82	90
	Plum. + Rad.	—	—	8	8	—	—	65	73	—	—	72	76	—	—	65	73	—	—	50	50
	pH-Abbau	3,2	3,5	—	—	4,0	4,8	—	—	6,6	6,7	—	—	7,6	7,6	—	—	5,1	6,5	—	—
	Plum. cm	—	—	4,0	—	—	—	3,0	—	—	—	4,0	—	—	—	3,5	—	—	—	0,1	—
	Rad. cm	—	—	1,8	—	—	—	2,0	—	—	—	2,0	—	—	—	2,0	—	—	—	0,2	—
Gerste Hohenheimer Riedlinger 1926	Keim %	2	2	3	3	25	38	38	92	28	44	60	99	19	21	25	80	30	32	40	41
	Plum. + Rad.	—	—	3	3	—	—	26	50	—	—	36	52	—	—	15	25	—	—	2	8
	pH-Abbau	2,9	3,4	—	—	5,0	5,2	—	—	6,6	6,7	—	—	7,6	7,7	—	—	5,1	6,0	—	—
	Plum. cm	—	—	2,5	—	—	—	3,0	—	—	—	5,0	—	—	—	7,0	—	—	—	0,3	—
	Rad. cm	—	—	1,0	—	—	—	1,5	—	—	—	3,0	—	—	—	6,0	—	—	—	0,1	—
Gerste Zeiners Franken 1926	Keim %	2	2	2	2	67	78	97	99	70	91	99	100	52	57	99	100	28	50	44	44
	Plum. + Rad.	—	—	2	2	—	—	52	71	—	—	80	81	—	—	59	60	—	—	4	4
	pH-Abbau	2,9	3,4	—	—	4,0	4,2	—	—	6,15	6,4	—	—	7,5	7,5	—	—	5,1	6,0	—	—
	Plum. cm	—	—	0,5	—	—	—	1,5	—	—	—	2,5	—	—	—	1,5	—	—	—	0,3	—
	Rad. cm	—	—	—	—	—	—	1,2	—	—	—	1,2	—	—	—	1,2	—	—	—	0,2	—
Gerste Zeiners Franken 1927	Keim %	1	1	1	1	57	68	72	76	45	49	68	92	40	49	81	32	26	37	40	41
	Plum. + Rad.	—	—	—	—	—	—	30	47	—	—	40	40	—	—	31	37	—	—	3	5
	pH-Abbau	3,1	3,1	—	—	3,8	4,0	—	—	6,1	6,3	—	—	7,9	7,7	—	—	5,1	6,1	—	—
	Plum. cm	—	—	0,5	—	—	—	3,5	—	—	—	4,0	—	—	—	4,0	—	—	—	0,3	—
	Rad. cm	—	—	—	—	—	—	2,0	—	—	—	2,0	—	—	—	2,0	—	—	—	0,1	—
Bespelzt. Hafer Hohenheimer 2 A 1926	Keim %	5	11	19	58	22	38	47	90	31	48	74	91	37	47	64	91	20	21	9	4
	Plum. + Rad.	—	—	8	50	—	—	36	71	—	—	59	68	—	—	49	66	—	—	9	4
	pH-Abbau	3,3	3,3	—	—	4,0	5,0	—	—	5,8	7,0	—	—	7,7	7,9	—	—	5,3	5,8	—	—
	Plum. cm	—	—	6,0	—	—	—	10,0	—	—	—	10	—	—	—	12	—	—	—	0,2	—
	Rad. cm	—	—	2,0	—	—	—	6,0	—	—	—	2,0	—	—	—	8,0	—	—	—	0,5	—
Bespelzt. Hafer Kirsches gelb 1926	Keim %	—	4	6	13	22	28	48	70	18	24	27	78	14	28	38	48	15	16	6	1
	Plum. + Rad.	—	—	6	13	—	—	37	54	—	—	17	52	—	—	27	32	—	—	—	—
	pH-Abbau	2,8	3,2	—	—	4,0	4,6	—	—	5,5	6,5	—	—	7,6	7,7	—	—	5,2	7,0	—	—
	Plum. cm	—	—	0,5-3,0	—	—	—	5,0	—	—	—	4,0	—	—	—	5,0	—	—	—	0,1	—
	Rad. cm	—	—	0,2-2,0	—	—	—	1,8	—	—	—	3,5	—	—	—	3,5	—	—	—	0,1	—

in dieser, außer der Reihe liegenden gepufferten Lösung mit einem p_H-Wert von 4,0, erfolgte mit starkem Schimmelbefall. Wie aus der Tabelle hervorgeht, war sie bei allen Samen möglich, jedoch mit großer Hemmung, die sich in sehr vermindertem Wachstum von Plumula und Radicula äußerte.

3. Keimversuche in Natriumphosphatpufferlösungen mit p_H-Werten von 4,4 bis 9,2

Zur Herstellung dieser gepufferten Lösungen wurden primäres und sekundäres Natriumphosphat verwendet, und zwar in $^1/_{15}$ molaren Lösungen und in einem weiteren Versuch in einer Mischung von $^1/_{15}$ mol. primären Natriumphosphats und $^1/_8$ mol. sekundären Natriumphosphats. Diese letztere Mischung wurde deshalb verwendet, um zu zeigen, wie die Keimung und der p_H-Abbau in etwas konzentrierteren Lösungen gegenüber schwächeren verläuft.

Die bei diesen Versuchen erzielten Resultate sollen im Vergleich mit der ungepufferten Phosphorsäure besprochen werden (vergl. dazu die Tabellen Seite 454—455 und die Figuren 49—62).

Weizen alter Zucht

In $^1/_{15}$ *mol. primärer Natriumphosphatlösung mit p_H 4,4* keimte der Weizen alter Zucht nach einem Tag mit 92%. In Wasser keimte derselbe nach der gleichen Zeit zu 96 und in der ungepufferten Phosphorsäurelösung mit p_H 3,8 zu 100 und mit p_H 5,1 zu 99%. In der ungepufferten Lösung wurden somit die besten Resultate in der Keimenergie erreicht. Nach 3 Tagen hatten in sämtlichen Flüssigkeiten die Samen zu 99 bis 100% gekeimt.

Wird nun der *p_H-Wert auf 5,6 und 6,0* gebracht (Mischung von $^1/_{15}$ *mol. NaH_2PO_4* + $^1/_8$ *mol. Na_2HPO_4*), so sinken die Keimprozente auf 76 und 75% nach dem ersten Tage, steigen aber am 3. Keimtage wieder auf 99 und 100%. Mit dem weiteren *p_H-Wert von 6,4 erhalten wir ein Optimum in der Keimenergie* mit 99 Keimprozenten nach dem ersten Tage und 100 Keimprozenten nach dem 3. Tage.

Betrachten wir nun die Keimresultate, welche in der schwächeren Lösung ($^1/_{15}$ *NaH_2PO_4* + $^1/_{15}$ *NaH_2PO_4*) entsprechend einem *p_H-Intervall von 4,4 bis 6,47*, so sehen wir, daß das *Optimum der K. E.* hier bereits bei *p_H 5,3* mit 96 Keimprozenten am ersten Tage erreicht ist und bei den p_H-Werten 5,6, 5,91, 6,47 auf 94, 91, 92 Keimprozente sinkt. Die Keimprozente nach 3 Tagen erreichen auch hier 99 bis 100%.

Wird nun der p_H-*Wert in der konzentrierteren Lösung auf 6,9, 7,3, 7,6, 7,8, 8,0 und 9,2* gebracht, so nehmen die Keimprozente am 1. Tag mit steigendem p_H-Wert ab und betragen 86, 80, 64, 64, 60, 50 und 10%.

In den *schwächer molaren Lösungen mit einem* p_H-*Wert von 6,98, 7,17, 7,38, 8,04 und 9,2* ist ein bedeutend geringerer Abfall nach

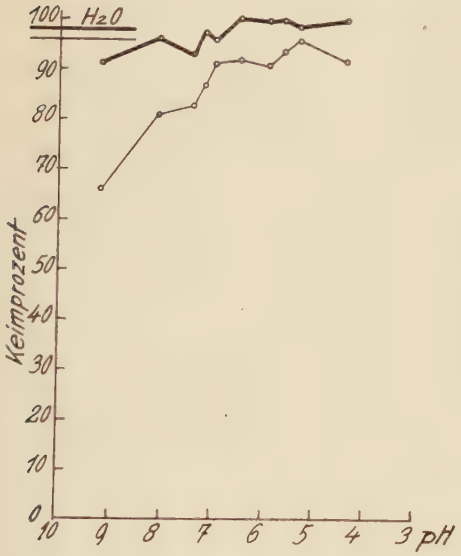


Fig. 49.
Hohenheimer Weizen, alte Zucht.
Keimung in $^1/_{15}$ mol $NaH_2PO_4 + ^1/_{15}$ mol Na_2HPO_4 nach 1 und 3 Tagen.

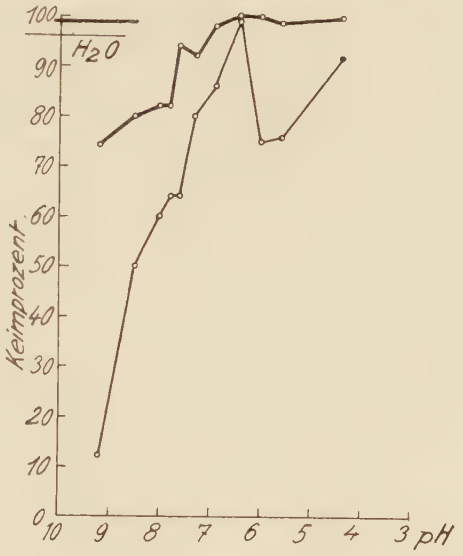


Fig. 50
Dippes Bordeaux-Weizen.
Keimung in $^1/_{15}$ mol $NaH_2PO_4 + ^1/_8$ mol Na_2HPO_4 nach 1 und 3 Tagen.

dem 1. Keimtag festzustellen. Die entsprechenden Werte für dieses Intervall waren 91, 87, 83, 81 und 66%.

Die abweichenden Resultate dieser verschieden molaren Lösungen bleiben auch am 3. Keimtag bestehen. So stehen in der konzentrierteren Lösung 98, 92, 94, 82, 82, 80, 74 Keimprozent in der schwächeren Lösung von ähnlichem p_H-Wert 96, 97, 93, 96 und 91 gegenüber. Da in den konzentrierteren Lösungen diese schlechte Keimfähigkeit noch am 8. Tage andauert, so ist deutlich ersichtlich, daß stärker molare Lösungen in einem ungünstigen p_H-Bereich vielmehr schädigen als schwächer molare Lösungen. Die Schädigung äußert sich auch dementsprechend in dem gehemmten Wurzelwachstum.

Dippes *Bordeaux-Weizen und Hohenheimer Sommer-Weizen 25 f.*

Der Keimverlauf dieser beiden Weizensorten wurde nur in den stärker molaren Lösungen ausgeführt. Es ergaben sich dabei im sauren Teil ähnliche Ergebnisse wie bei dem oben besprochenen Weizen, im alkalischen Teil traten die Schädigungen jedoch in etwas stärkerem Maße auf.

Hafer

Die *entspelzten Hafersorten* wurden im p_H-Bereich 4,4 in $^1/_{15}$ mol. Lösung, in den höheren p_H-Bereichen in Phosphatlösungen mit wachsender Molarität zur Keimung gebracht.

Im *p_H-Bereich von 4,4 ($^1/_{15}$ mol)* und im *Bereich von 5,6, 6, 0*

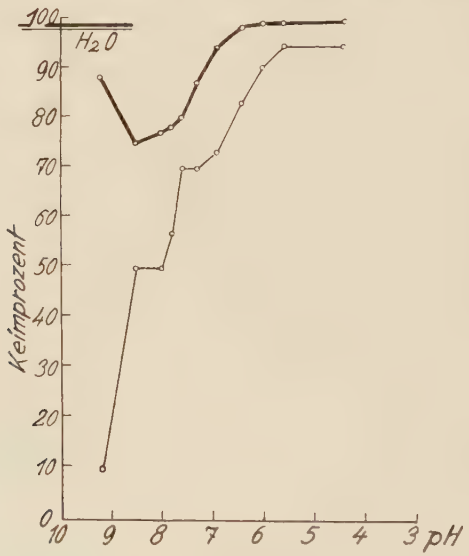


Fig. 51.
Hohenheimer 2 A Hafer entspelzt.
Keimung in $^1/_{15}$ mol $NaH_2PO_4 + ^1/_8$ mol Na_2HPO_4
nach 1 und 3 Tagen.

und 6,4 ($^1/_{15} + ^1/_8$ mol) war die Keimkraft beider Hafersorten den Wasserversuchen gegenüber nicht nachstehend, während die Keimenergie in diesen gepufferten Lösungen, mit steigendem p_H-Wert und steigendem Molekulargewicht, zuerst schwach, dann zunehmend gehemmt wird. Diese nachteilige Beeinflussung trat in diesen Lösungen und noch mehr in den folgenden bei Kirsches Gelbhafer viel stärker in Erscheinung.

Vom *p_H-Bereich 6,9 ab* wird, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, sowohl die K. E. als auch die K. K. in immer stärkerem Maße mit

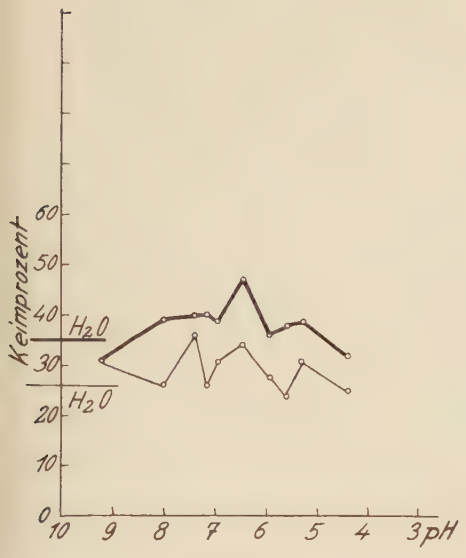


Fig. 52.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in $^1/_{15}$ mol $NaH_2PO_4 + ^1/_{15}$ mol Na_2HPO_4 nach 2 und 3 Tagen.

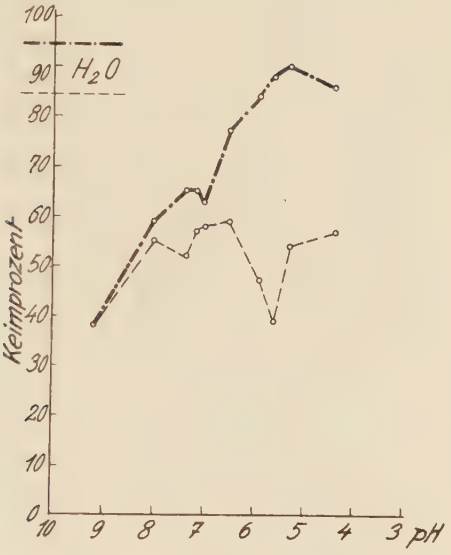


Fig. 53.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in $^1/_{15}$ mol $NaH_2PO_4 + ^1/_{15}$ mol Na_2HPO_4 nach 8 und 14 Tagen.

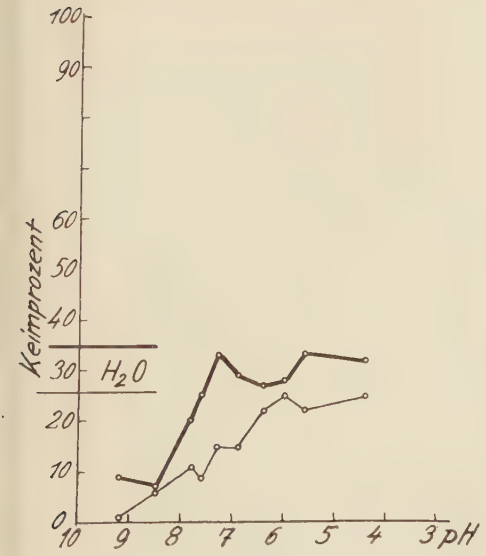


Fig. 54.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in $^1/_{15}$ mol $NaH_2PO_4 + ^1/_8$ mol Na_2HPO_4 nach 2 und 3 Tagen.

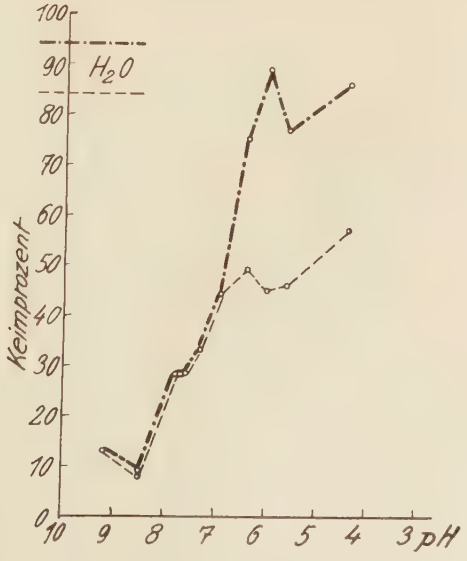


Fig. 55.
Hohenheimer 2 A Hafer bespelzt.
Keimung in $^1/_{15}$ mol $NaH_2PO_4 + ^1/_8$ mol Na_2HPO_4 nach 8 und 14 Tagen.

steigendem p_H-Wert und steigender Molekularkonzentration gehemmt. Dementsprechend verläuft auch das Wurzelwachstum, welches in den Bereichen von 4,4 und 5,6 den Wasserversuchen etwa gleichsteht; vom p_H-Wert 6,9 ab wird es auffallend schwach.

Von den *bespelzten Hafersorten* wurde nur der Hafer 2 A in verschieden molaren Lösungen geprüft, während der Kirsches-Gelbhafer nur in den Lösungen mit steigendem Molargewicht zur Keimung ausgesetzt wurde.

Selbst im *p_H-Bereich 4,4 ($^1/_{15}$ mol)*, in welchem die entspelzten Hafersorten in der K. K. nicht und in der K. E. nur wenig gehemmt erscheinen, zeigen sich die bespelzten viel empfindlicher. Auch in den *höheren p_H-Bereichen* werden die Wasserwerte nicht erreicht, und es wirken dabei, wie aus den Tabellen S. 454 ersichtlich ist, die höher molaren Lösungen hemmender als die schwächer molaren. Das Wurzelwachstum bleibt gegenüber den Wasserversuchen in allen Lösungen zurück und wird besonders im alkalischen Bereich sehr geschwächt.

Im Vergleich mit der ungepufferten Phosphorsäure im ähnlichen p_H-Bereich wirken die gepufferten Phosphatlösungen schädlich auf die Keimung der bespelzten Hafersamen, während die erstere schwach fördert.

Gerste

Sämtliche Gerstensorten wurden durch die gepufferten Lösungen *im p_H-Bereich 4,4 ($^1/_{15}$ mol)* in der K. E. und vollständigen Keimung (Pl. $\div$ Rad.) gegenüber den Versuchen in Wasser und in ungepufferter Phosphorsäure (p_H 3,8—5,1) leicht gefördert; in der K. K. zeigen sich keine besonderen gegenseitigen Unterschiede.

Im *p_H-Bereich 5,3 ($^1/_{15}$ mol)* wurde nur Heines *Goldhorpe* und Zeiner-*Gerste 1927* untersucht; erstere war in ähnlicher Weise wie oben gefördert, letztere ließ besonders in der K. K. nach.

Die Ergebnisse *im p_H-Bereich 5,6* ($^1/_{15}$ und $^1/_{15} + ⅛$ mol) waren innerhalb der einzelnen Sorten nicht gleich. Heines Goldhorpe und Zeiners-Gerste 1926 waren nur in der K. E. etwas zurück, nicht aber in der K.K. Die schlecht keimende Riedlinger und die Zeiners-Gerste frischer Ernte lassen sowohl in der K. E. als auch in der K. K. nach. Diese schlechtere Beeinflussung der beiden letzteren Sorten durch die Phosphatlösungen macht sich auch durchweg in den höheren p_H-Stufen bemerkbar.

So bleibt auch im *p_H-Bereich von 6,0 und 6,4* bei Heines Goldhorpe und Zeiner-Gerste 1926 die normale K. K. neben leichtem

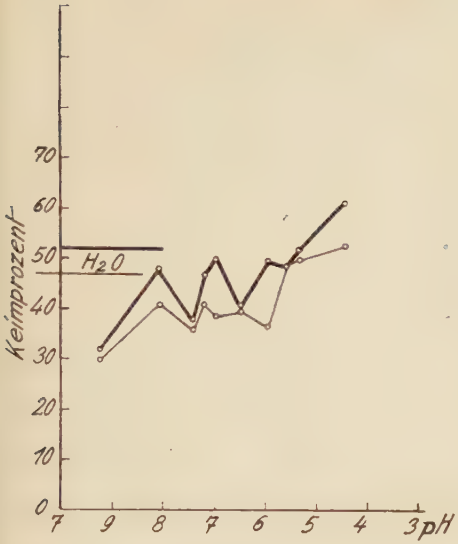


Fig. 56.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in $^1/_{15}$ mol NaH_2PO_4+$^1/_{15}$ mol Na_2HPO_4 nach 2 und 3 Tagen.

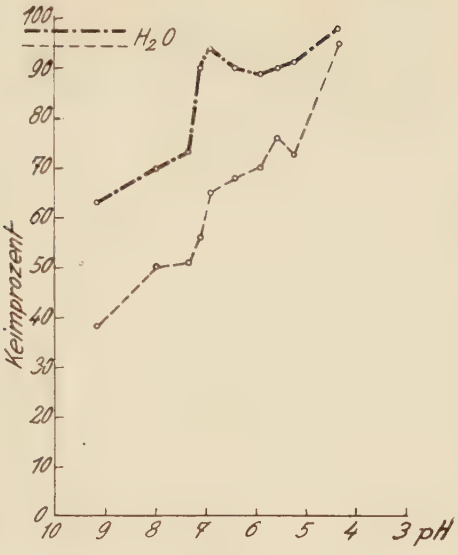


Fig. 57.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in $^1/_{15}$ mol NaH_2PO_4+$^1/_{15}$ mol Na_2HPO_4 nach 8 und 14 Tagen.

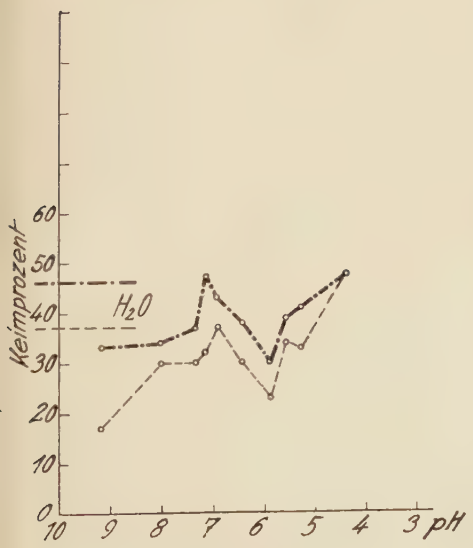


Fig. 58.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in $^1/_{15}$ mol NaH_2PO_4+$^1/_{15}$ mol Na_2HPO_4 nach 8 u. 14 Tagen.

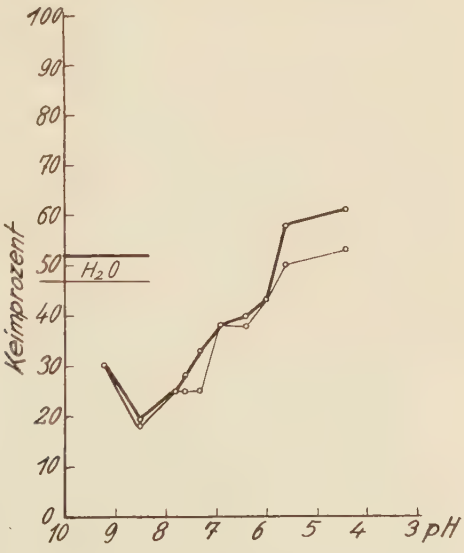


Fig. 59.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in $^1/_{15}$ mol NaH_2PO_4 + $^1/_8$ mol Na_2HPO_4 nach 2 und 3 Tagen.

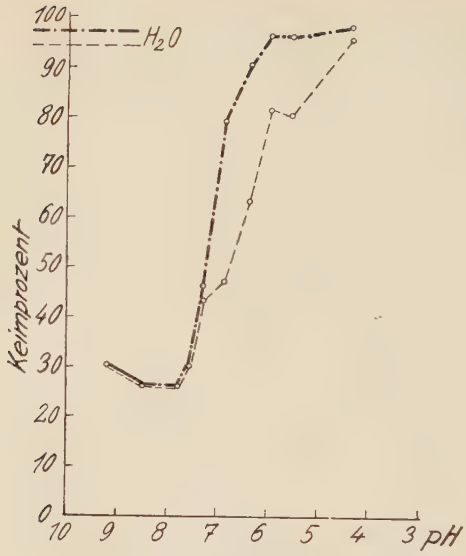


Fig. 60.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Keimung in $^1/_{15}$ mol $NaH_2PO_4 + ^1/_8$ mol Na_2HPO_4 nach 8 und 14 Tagen.

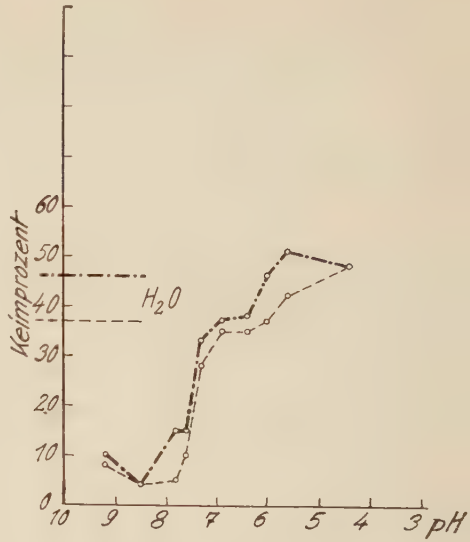


Fig. 61.
Zeiners Franken-Gerste 1927.
Vollständige Keimung (Pl. + Rad.) in $^1/_{15}$mol $NaH_2PO_4 + ^1/_8$ mol Na_2HPO_4 nach 8 u. 14 Tagen.

Rückgang der K. E. bestehen, während bei den anderen Gersten die Keimfähigkeit weiter zurückgeht.

Vom *p_H-Wert 6,9 ab* tritt je nach Sorte ein immer größerer Verlust in der Keimfähigkeit ein. Im alkalischen Bereich vom p_H-Wert 7,17—9,2 ist er auffallend stark und wächst mit steigendem p_H-Wert und steigendem Molekulargewicht der Lösung. Dies äußert sich auch im Stamm- und Wurzelwachstum, welches besonders bei den höher molaren Lösungen vom p_H 7,6 ab sehr stark nachläßt.

Festuca arundinacea

Die *Festucasamen* werden im sauren Teil der Natriumphosphatlösungen, ausgenommen der p_H-Bereich 6,0 gegenüber den Wasserversuchen nicht gehemmt. Im *p_H-Bereich von 5,6* ist sogar eine bedeutende *Förderung in der K. E.* vorhanden. Im alkalischen Teil der Lösungen tritt starke Schädigung in der K. E. und K. K. ein, die mit steigendem p_H-Wert und zunehmender molarer Konzentration immer stärker wird und bis zum Minimum von 12% in der K. E. und 14% in der K. K. sinkt. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, war auch dementsprechend das Wachstum von Plumula und Radicula verlaufen.

4. Keimversuche in Nährsalzlösungen von wechselndem p_H-Wert.

Keimversuche mit Weizen und Mais in Nährsalzlösungen mit verschiedenem p_H-Wert führten Salter und Ilvaine (1920) aus. Diese Lösungen waren in folgender Weise, angegeben nach der Molarkonzentration, zusammengesetzt: $H_3PO_4 = 0{,}018$; K_2SO_4

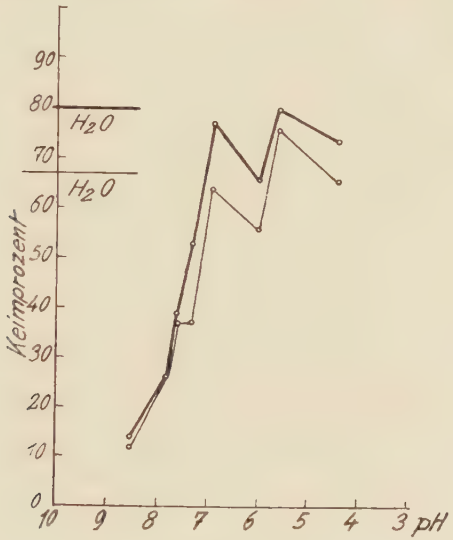


Fig. 62.
Festuca arundinacea.
Keimung in $^1/_{15}$ mol $NaH_2PO_4 + {}^1/_8$ mol Na_2HPO_4 nach 6 und 16 Tagen.

$= 0{,}004$; $KNO_3 = 0{,}01$; $CaCl_2 = 0{,}0025$; $MgSO_4 = 0{,}0025$ und 10 Tropfen Eisenphosphatlösung zum Liter. Die p_H-Stärke wurde durch Zugabe von NaOH bis 0,036 Mol. variiert. Die Keimung in diesen Lösungen erfolgte bei Zimmertemperatur, indem die Samen auf mit Filtrierpapier überzogenen Porzellanplatten an die Oberfläche der Lösung gelegt wurden. Unter täglicher Erneuerung der Lösungen wurden nach 7 Tagen die folgenden Keimprozente erzielt:

p_H-Wert der Lösung:	2,17	2,96	4,11	5,16	5,94	6,97	7,71
Mais, Keim %	86,6	96,6	96,6	100	100	96,6	96,6
Weizen, Keim % . . .	64	88	100	88	92	100	92

Nach diesen Versuchen wird Weizen mehr geschädigt als Mais; die Schädigung ist für beide Arten im stark sauren Teil bei p_H 2,17 am stärksten und erstreckt sich auch in etwas vermindertem Maße auf den alkalischen Teil mit p_H 7,71. Die optimale Keimung wird im p_H-Bereich von 4,11 bis 6,97 erreicht.

5. Rückblick über die Versuchsergebnisse in gepufferten Lösungen.

Vergleicht man zunächst ganz allgemein die Wirkung der gepufferten Lösungen, so ergibt sich etwa folgendes:

In den Lösungen aus HCl + KCl mit dem p_H-*Wert von 1,4* keimen die Samen noch schlechter als in den ungepufferten Salzsäurelösungen. Dabei war wieder zu bemerken, daß die bespelzten Gerste- und Hafersamen weniger geschädigt wurden als die spelzenlosen Weizensamen. Ebenso waren die entspelzten Hafersamen mehr geschädigt als die bespelzten. Als besonders geschädigt zeigte sich die Zeiner-Franken-Gerste neuer Ernte.

Werden die Lösungen aus HCl + KCl auf den p_H-*Wert von 1,6* gebracht, so wird bei allen Samen die Hemmung verringert. Die Weizen, entspelzten Hafersamen und die Festucasamen werden noch stark in der Keimung zurückgehalten, während die bespelzten und besonders die Gersten-Samen fast der Keimung in Wasser gleichkommen; bei Zeiner-Gerste tritt sogar eine Erhöhung der K. E. auf.

In Lösungen mit einem p_H-*Wert von 2,0* (HCl + KCl) sind nur die *Festucasamen* noch besonders geschädigt. Die andern Samen zeigen je nach Sorte eine indifferente Wirkung in diesen Lösungen oder eine leichte Steigerung in der Keimenergie.. So werden in der K. E. gefördert, Dippes Bordeaux Weizen, sämtliche bespelzten und entspelzten Hafersorten, sowie Heines Goldhorpe, Riedlinger- und entspelzten Hafersorten, sowie Heines Goldhorpe, Riedlinger- und Zeiner-Gerste 1926.

In einer p_H-*Lösung von 3,0* (HCl + NaCl $^1/_{20}$ Mol.) tritt bei den Weizensamen gegenüber den Wasserversuchen eine geringe Steigerung ein; die entspelzten und bespelzten Hafersamen, sowie die Heines Goldhorpe als auch die Zeiner-Gerste 1926 verhalten sich indifferent in diesen Lösungen, die Riedlinger- 1926 und die Zeiner-Gerste 1927 werden dagegen gehemmt.

Die Bernsteinsäure + Borax-Lösung ($^1/_{20}$ Mol.) mit einem p_H-*Wert von 4,0* erwiesen sich für die Keimung der untersuchten Samen als besonders nachteilig.

In den *gepufferten Natriumphosphatlösungen* ist die Wirkung innerhalb der einzelnen p_H-Bereiche von *4,4 bis 9,2* recht verschieden und steht in Abhängigkeit von der molaren Konzentration. Ganz allgemein wirken die stärker molaren Lösungen ($^1/_{15}$ + $^1/_8$ Mol.) viel hemmender auf die Keimung, speziell auf die K. E., als die schwächer molaren ($^1/_{15}$ Mol.). Dies macht sich besonders im stark alkalischen Teil der Lösungen bemerkbar. Aber auch die einzelnen Sorten verhalten sich nicht gleich. Ganz allgemein läßt

sich ersehen, daß die Weizensorten, die Hafersorten in entspelztem Zustand, die Heines Goldhorpe- und die Zeiner-Gerste 1926 in der K. E. im sauren und schwach alkalischen p_H-Bereich viel weniger gehemmt werden, als die schlecht keimende Riedlinger- und Zeiner-Gerste neuer Ernte, sowie als besonders die Hafersorten, sofern sie bespelzt sind. In der K. K. sind am meisten die Hafersorten gehemmt, was in ganz besonderer Weise beim Kirsches Gelbhafer wahrzunehmen ist.

Die Beeinflussung der Keimung im *p_H-Bereich von 4,4* ($^1/_{15}$ Mol.) ist sehr bemerkenswert. Die K. E. bleibt bei allen Samen mit Ausnahme der schlecht keimenden Riedlinger- und Zeiner-Gerste nach dem 1. bzw. 2. Tage hinter den Werten des Wasserversuches nur wenig zurück. Die K. K. ist bei Weizen, entspelzten Hafersorten und sämtlichen Gerstensorten den Wasserversuchen gleich oder um einige Prozente über denselben; der bespelzte Hafer und besonders der Kirsches Gelbhafer konnten in diesen Lösungen die Wasserwerte nicht erreichen. Die Festucasamen erfahren keine große Benachteiligung.

Im *p_HBereich von 5,6 ($^1/_{15}$ und $^1/_8$ Mol.)* zeigen die Weizen- und entspelzten Hafersorten ähnliche Werte wie im Bereich von p_H 4,4. Die bespelzten Hafersorten erfahren eine geringe Steigerung gegenüber der vorhergehenden p_H-Konzentration, während die Gerstensorten, mit Ausnahme der Riedlinger-Gerste, welche einen starken Abfall zeigt, in der Keimung gleichbleiben. Die *Festuca*-samen erfahren den Wasserversuchen gegenüber eine Steigerung in der K. E.

Bei einem *p_H-Wert von 5,91 ($^1/_{15}$ Mol.) und 6,0 ($^1/_{15}$ + $^1/_8$ Mol.)* wird bei allen Samen, ausgenommen der entspelzte Kirsches Gelbhafer, die K. E. herabgedrückt; im besonderen bei der Riedlinger-Gerste. Die Keimkraft verläuft bei den Weizen-, entspelzten Hafersorten, bei Heines Goldhorpe- und Zeiner-Gerste 1926 ziemlich optimal; bei Zeiner 1927 ist ein kleiner Rückgang und bei den bespelzten Hafersorten war ein Gleichbleiben gegenüber den vorhergehenden Konzentrationen zu beobachten. Die Festucasamen gehen in der Keimfähigkeit merklich zurück.

Die p_H-Lösungen von 6,4 ($^1/_{15}$ Mol. und $^1/_8$ Mol.) drücken die K. E. mit Ausnahme des Hohenheimer Sommerweizens alter Zucht herab, was besonders bei der schlecht keimenden Riedlinger-Gerste auffällt. Die K. K. bleibt bei den Weizen-, entspelzten Hafersamen und den Gerstensamen mit Ausnahme der Riedlinger-Gerste ziem-

lich optimal bestehen. Die bespelzten Hafersamen zeigen einen leichten Abfall den vorhergehenden Lösungen gegenüber.

Im Vergleich mit der eben besprochenen Lösung tritt bei der Lösung vom *p_H-Wert 6,9* ein weiteres Sinken in der K. E. ein. Auch die Keimkraft läßt bei den meisten Samen um einige Prozente nach; sie zeigt den größten Abfall bei Riedlinger- und Zeiner-Gerste 1927. Die Festucasamen sind verhältnismäßig wenig geschädigt.

In den alkalischen Lösungen mit einem *p_H-Bereich von 7,17 bis 9,2* macht sich mit steigender Alkalität und steigendem Molekulargewicht ein immer größer werdendes Sinken, sowohl in der K. E. als auch in der K. K. bemerkbar. Die Weizen- und entspelzten Hafersorten erwiesen sich hier am widerstandsfähigsten, doch sind die Keimprozente im p_H-Bereich von 9,2 durchweg sehr schlecht.

Allgemein stehen gepufferte Lösungen in ihrer fördernden Wirkung auf den Keimungsverlauf ungepufferten mit derselben Wasserstoffionenkonzentration nach und zeigen in den angeführten optimalen p_H-Bereichen keine besonderen Vorteile den Wasserversuchen gegenüber. Es soll jedoch auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse nicht gesagt sein, daß bei Anwendung nieder molarer Phosphatlösungen nicht doch günstigere Keimresultate erzielt werden können. Gerade in diesem Falle ist es ja für die Samen viel leichter, ein für die Keimung günstigeres Medium durch Stoffaustausch zu schaffen. Dies geht ja auch aus den Versuchen mit solchen Salzen in Böden und Nährlösungen, wie sie in ersterem Falle von Lundegard und im zweiten Falle von Salter und Ilvaine ausgeführt wurden, hervor. Wenn auch nach den Untersuchungen in Böden, unter Zugrundelegung der Titrierazidität sehr hohe Säure- und Alkalikonzentrationen ohne Schädigung der Keimung verwendet werden können, so dürfte das wohl damit zusammenhängen, daß einmal die Böden durch diese gelösten Stoffe selbst verändert werden oder aber, daß die Böden diese gelösten Stoffe viel stärker absorbieren als die Samen. Z. a. wäre aber auch daran zu denken, daß die Samen befähigt sind, die um die Samen befindliche Erdschicht in ähnlicher Weise, wie bei den eigenen Versuchen in geringen Flüssigkeitsmengen, als für die Keimung günstig, umzuwandeln.

Die sich in den gepufferten Lösungen ergebenden schlechteren Keimenergien, bei sonst guter Keimkraft, ließe weiter darauf schließen, daß die Wasseraufnahme aus diesen Salzlösungen im Anfang viel langsamer vor sich geht, wie in den ungepufferten Lösungen. Wie sehr dabei aber auch die Salzkonzentration eine Rolle spielt geht aus den Quellversuchen von Slosson (1899), Buffum

1899), Brown (1909), Shive (1916), Rudolfs (1921 und 1923), sowie von Wolfe (1926) hervor, indem diese Forscher mit steigender Salzkonzentration eine geringere Wasserabsorption bekamen.

Anzuschließen an diese Betrachtungen wäre nunmehr

V. Keimversuche in Böden von wechselndem p_H-Wert.

Untersuchungen über die Beeinflussung der Keimung von Grassamen in Böden von verschiedenem p_H-Wert wurden nicht auf einheitlicher Methode beruhend durchgeführt. So brachte z. B. Arrhenius (1922/24) Gartenböden von Java mit einem ursprünglichen p_H-Wert von 7,8 bis 8,0, durch Zusatz von $^1/_{10}$ HCl und NaOH auf die im folgenden angeführten Konzentrationen. Neben seinen schon weiter oben erwähnten Keimversuchen in salzsauren Lösungen führte Lundegard (1924) besondere Keimversuche in Erde aus. Zu diesem Zwecke versetzte er seine Böden mit Salzsäurelösung, welche noch 5 ccm 0,1 n-Lösungen von KCl, NaH_2PO_4 und $CaCl_2$ enthielten. Die Endergebnisse dieser beiden Forscher waren folgende:

p_H-Wert	Medium	Keim % von: Weizen	Gerste	Mais	Autor
3,0	Böden mit HCl-Lösung	17	65	67	Arrhenius
3,0	„ „ „ u. KCl	37			Lundegard
3,0	„ „ „ u. NaH_2PO_4	29			„
3,0	„ „ „ u. $CaCl_2$	18			„
3,0	Böden mit HCl-Lösung	44			„
4,0	Böden mit HCl-Lösung	37	95	95	Arrhenius
4,3	Böden mit HCl-Lösung	65			Lundegard
4,3	„ „ „ u. KCl	82			„
4,3	„ „ „ u. NaH_2PO_4	63			„
4,3	„ „ „ u. $CaCl_2$	53			„
5,0	Böden mit HCl-Lösung	52	97	95	Arrhenius
5,65	Böden mit HCl-Lösung	58			Lundegard
5,65	„ „ „ u. KCl	66			„
5,65	„ „ „ u. NaH_2PO_4	67			„
5,65	„ „ „ u. $CaCl_2$	64			„
6,0	Böden mit HCl-Lösung	55	95	93	Arrhenius
6,5	Böden mit HCl-Lösung	91			Lundegard
6,5	„ „ „ u. KCl.	85			„
6,5	„ „ „ u. NaH_2PO_4	87			„
6,5	„ „ „ u. $CaCl_2$	69			„
7,0	Böden mit HCl neutralisiert	72	100	100	Arrhenius
8,0	Böden mit NaOH-Lösung	72	97	95	„
9,0	„ „ „	70	100	100	„
10,0	„ „ „	42	100	100	„

Wenn auch diese Ergebnisse mit der Bodenbeschaffenheit im Zusammenhang stehen, so ist doch daraus ersichtlich, daß in diesen Versuchen der Weizen gegen stark saure und stark alkalische Reaktion viel empfindlicher war als Gerste und Weizen. Der Salzzusatz schien nur im p_H-Bereich 5,65 günstiger zu wirken als Salzsäure allein, doch auch im p_H-Bereich 4,3 scheint KCl-Zusatz zu fördern.

VI. Die Beziehungen der chemischen Zusammensetzung der Samen zu ihrer Keimung in gepufferten und ungepufferten Lösungen

Die zu den Versuchen verwendeten Samen wurden deshalb auf ihre Zusammensetzung untersucht, um eventuelle Anhaltspunkte über das Verhalten der Samen mit verschiedener chemischer Zusammensetzung gegenüber der Wirkung von Wasserstoffionen zu erlangen. Sichere Aufschlüsse nach dieser Richtung konnten nicht gewonnen werden.

Immerhin ist auffallend, daß der Dippes Bordeaux Weizen in stark sauren Lösungen viel weniger empfindlich ist als die beiden andern Weizensorten. Dieser Weizen enthält gegenüber den andern Sorten am wenigsten Eiweiß und am meisten Stärke, neben verhältnismäßig wenig Phosphor- und Kieselsäure, als auch wenig Calcium, Magnesium und Eisen. Ob nun gerade diese Zusammensetzung oder die Schalen oder sonstigen Strukturverhältnisse die geringere Empfindlichkeit veranlassen, läßt sich nicht bestimmt aussagen. Auch für die nachteilige Beeinflussung der bespelzten Hafersamen durch die Natriumphosphatsalze lassen sich keine sicheren Anhaltspunkte festlegen, wenngleich bei der besseren Keimung der entspelzten Hafersamen in diesen Lösungen auf eine hemmende Wirkung der Spelzen geschlossen werden kann. Wieder anders zu deuten wären die schlechten Keimungsverhältnisse der Zeiner-Franken-Gerste frischer Ernte in den gepufferten salzsauren und phosphorsauren Lösungen. Wahrscheinlich können hier Nachreifeverhältnisse, welche durch die verschiedensten chemischen und physiologischen Prozesse bedingt sein können, angenommen werden. Zur sicheren Beurteilung müssen daher stets tiefgreifende und umfangreiche Untersuchungen vorgenommen werden.

VII. Wirkungsverhältnis der H- bzw. OH-Ionen neben den dissoziierten Restionen und ihre Abhängigkeit von der Normalität und der molaren Konzentration

Nachdem wir nunmehr die Beeinflussung der Keimung durch Säuren und Basen in verschiedenen p_H-Bereichen kennengelernt

haben, erhebt sich nun die Frage, wie die in den wäßrigen Anionen- und Kationen-Lösungen dissoziierten Säuren, Basen und Salze sich im Hinblick auf diese Ionisation bei dem Keimablauf beteiligen und wie sich die Ionen dabei gegenseitig beeinflussen.

Aus den vorliegenden Ergebnissen läßt sich ganz allgemein sagen, daß sowohl die H- als auch OH-Ionen in gewissen Konzentrationen fördernd oder indifferent, in anderen Fällen wieder hemmend bis vernichtend wirken können. Diese Beeinflussung scheint jedoch zugleich in Beziehung zu den neben den H- bzw. OH-Ionen abdissoziierten Restionen zu stehen. Gracanin (1928, S. 468) hat schon diesbezügliche Betrachtungen angestellt, indem er die fördernde Wirkung bei der Keimung, nach vorausgegangener Quellung in Phosphorsäure nicht in der Hauptsache den H-Ionen derselben, sondern deren zweiten Komponente, den H_2PO_4-Ionen zuschreibt. Zu dieser Annahme kommt er deshalb, da andere anorganische Säuren diese fördernde Wirkung bei seinem Samenmaterial nicht zeigen sollen. Die Untersuchungen anderer Forscher und auch gerade die von mir selbst ausgeführten Versuche ergaben aber auch für andere anorganische und organische Säuren fördernde Wirkung, wenn auch z. T. in verschiedenem p_H-Bereich. Wie die angeführten Ergebnisse erkennen lassen, zeigen wohl die ungepufferten Lösungen aus Salz-, Schwefel- und Salpetersäure bei den einzelnen Arten ähnliche Wirkung bei der Keimbeeinflussung, doch scheint bei ausgesprochen schlecht keimenden, und bei in der Nachreife befindlichen Samen, die Salpetersäure, besonders in den niederen p_H-Stufen, die besten Werte und speziell in der Keimenergie zu erzielen. Hieraus wäre zu schließen, daß bei der Salpetersäure das Restion (NO_3') fördernder auf die ersten Keimungsvorgänge wirkt, als die (Cl'') oder (SO_4'') - Restionen; eine Wirkung, die jedoch durch das Samenmaterial bedingt ist. Ebenso abweichend verhält sich die Phosphorsäure, welche wiederum in den niederen p_H-Bereichen viel ungünstiger auf die Keimung wirkt, als die Salz-, Schwefel- und Salpetersäurelösungen vom gleichen p_H-Bereich. Erlangt aber die Phosphorsäure dieselbe Normalität wie die letzteren Säuren, so wirkt auch diese in ähnlicher Weise begünstigend. Hieraus ist deutlich ersichtlich, daß nicht allein die Wasserstoffionenkonzentration allein bestimmend ist, sondern daß auch der prozentuale Säureanteil bzw. die Normalität der Säuren sich dabei äußert. Nach den später zur Erörterung kommenden Reaktionsveränderungen innerhalb der Samen und Medien während der Keimung wirken demnach in den Samen z. T. Stoffe, welche die Reak-

Keimung in 1/15 mol Natriumphosphatlösungen

Keimflüssigkeit		9,75 NaH_2PO_4 1/15 mol + 0,25 Na_2HPO_4 1/15 mol					9,5 NaH_2PO_4 1/15 mol + 0,5 Na_2HPO_4 1/15 mol					9,0 NaH_2PO_4 1/15 mol + 1,0 Na_2HPO_4 1/15 mol					7,0 NaH_2PO_4 1/15 mol + 3,0 Na_2HPO_4 1/15 mol					4,0 NaH_2PO_4 1/15 mol + 6,0 Na_2HPO_4 1/15 mol				
Wasserstoffexponent		p_H 5,3					p_H 5,6					p_H 5,91					p_H 6,47					p_H 6,98				
Keimtage		1	2	3	8	14	1	2	3	8	14	1	2	3	8	14	1	2	3	8	14	1	2	3	8	14
Gerste Heines Goldhorpe 1926	Keim %		75	86	96	100		74	83	96	100		70	80	95	100		55	65	94	95		51	54	73	96
	„ Pl. + Rad.			76	76	80				70	83				66	75				57	70				53	60
	p_H-Abbau		6,0	6,2				6,0	6,2				6,0	6,2				6,5	6,6				7,05	7,1		
	Plum. cm				3,0					2,5					3,0					3,0					3,2	
	Rad. cm				2,0					2,0					2,0					2,0					2,0	
Gerste Zeiners Franken 1927	Keim %		50	52	73	91		49	49	76	90		37	50	70	89		40	41	68	90		39	50	65	94
	„ Pl. + Rad.				33	41				34	39				23	30				30	38				37	43
	p_H-Abbau		5,8	5,8				5,8	5,8				6,0	6,0				6,47	6,47				7,0	7,0		
	Plum. cm				3,5					3,5					3,5					3,5					3,5	
	Rad. cm				1,7					2,0					2,0					1,5					1,5	
Hafer bespelzt Hohenheimer 2A IV.	Keim %		31	39	54	90		24	38	39	88		28	36	47	84		34	47	59	78		31	39	58	63
	„ Pl. + Rad.				48	73				32	62				39	54				53	54				50	56
	p_H-Abbau		5,9	6,1				6,0	6,1				6,0	6,2				6,47	6,47				7,1	7,1		
	Plum. cm				3,0					5,0					5,0					5,0					5,0	
	Rad. cm				1,2					2,5					1,5					2,0					1,5	
Weizen Hohenheimer S. W. alte Zucht 1926	Keim %	96		99			94		100			91		100			92		100			91		96		
	„ Pl. + Rad.																									
	p_H-Abbau	5,2		5,2			5,8		5,8			5,95		5,95			6,47		6,4			6,9		6,8		
	Plum. cm																									
	Rad. cm																									

Keimung in 1/15 mol Natriumphosphatlösungen

Keimflüssigkeit		30 NaH_2PO_4 1/15 mol + 70 Na_2HPO_4 1/15 mol					20 NaH_2PO_4 1/15 mol + 80 Na_2HPO_4 1/15 mol					0,5 NaH_2PO_4 1/15 mol + 95 Na_2HPO_4 1/15 mol					Na_2HPO_4, 1/15 mol				
Wasserstoffexponent		p_H 7,17					p_H 7,38					p_H 8,04					p_H 9,2				
Keimtage		1	2	3	8	14	1	2	3	8	14	1	2	3	8	14	1	2	3	8	14
Gerste Heines Goldhorpe 1926	Keim %		48	61	68	91		52	69	71	88		43	51	67	92		41	41	41	41
	„ Pl. + Rad.				47	55				55	56				41	45				31	31
	p_H-Abbau		7,2	7,2				7,38	7,38				7,6	7,6				7,8	7,8		
	Plum. cm				2,5					3,5					3,5					3,0	
	Rad. cm				2,0					1,5					2,0					1,0	
Gerste Zeiners Franken 1927	Keim %		41	47	56	90		36	38	51	73		41	48	50	70		30	32	38	63
	„ Pl. + Rad.				32	47				30	37				30	34				17	33
	p_H-Abbau		7,17	7,17				7,4	7,35				7,6	7,6				7,7	7,7		
	Plum. cm				3,0					3,5					3,5					3,0	
	Rad. cm				1,5					1,3					1,5					1,0	
Hafer bespelzt Hohenheimer 2A IV	Keim %		26	40	57	65		36	40	52	65		26	39	55	59		31	31	38	38
	„ Pl. + Rad.				52	56				34	54				46	58				31	34
	p_H-Abbau		7,3	7,3				7,4	7,4				7,7	7,7				7,9	7,9		
	Plum. cm				4,0					0,2-0,5					3,0					2,5	
	Rad. cm				0,8					1,0					1,0					0,1-0,4	
Weizen Hohenheimer S. W. alte Zucht 1926	Keim %	87		97			83		93			81		96			66		91	91	
	„ Pl. + Rad.																			82	
	p_H-Abbau	7,1		7,0			7,38		7,38			7,8		7,7			7,5		7,5		
	Plum. cm																			0,1-3,0	
	Rad. cm																			0,1-2,0	

Keimung in 1/15 + 1/8 mol Natriumphosphatlösung

Keimflüssigkeit		1/15 mol NaH_2PO_4				9,75 NaH_2PO_4 1/15 mol + 0,25 Na_2HPO_4 1/8 mol				9,5 NaH_2PO_4 1/15 mol + 0,5 Na_2HPO_4 1/8 mol				9,0 NaH_2PO_4 1/15 mol + 1,0 Na_2HPO_4 1/8 mol				7,0 NaH_2PO_4 1/15 mol + 3,0 Na_2HPO_4 1/8 mol				5,0 NaH_2PO_4 1/15 mol + 5,0 Na_2HPO_4 1/8 mol			
Wasserstoffexponent		p_H 4,4				p_H 5,6				p_H 6,0				p_H 6,4				p_H 6,9				p_H 7,3			
Keimtage		1	2	3	8	1	2	3	8	1	2	3	8	1	2	3	8	1	2	3	8	1	2	3	8
Weizen Hohenheimer S. W. alte Zucht 1926	Keim %	92		100	100	76		99	100	75		100		99		100		86		98		80		92	99
	„ Pl. + Rad.																								84
	p_H-Abbau	5,4		5,6		5,8		5,9		6,0		5,9		6,4		6,2		6,9		6,7		7,3		7,2	
	Plum. cm				4,5				6,0																0,5—2,5
	Rad. cm				5,5				4,0																0,3—1,5
Weizen Dippes Bordeau 1926	Keim %	72		100	100	71		99	100	67		99		85		100		61		95		60	80	93	93
	„ Pl. + Rad.																								70
	p_H-Abbau	5,5		5,6		5,8		6,0		6,0		6,0		6,4		6,2		6,9		6,7		7,3		7,2	
	Plum. cm				4,5				4,0																0,5—2,5
	Rad. cm				3,5				3,0																0,2—1,0
Weizen Hohenheimer S. W. 25 f. 1926	Keim %	72		100	100	65		98	100	84		97		70		98		53		94		28	84	88	88
	„ Pl. + Rad.																								73
	p_H-Abbau	5,2		5,5		5,8		5,9		6,0		6,0		6,4		6,2		6,9		6,7		7,3	7,2	7,2	
	Plum. cm				3,0				4,0																0,5—2,5
	Rad. cm				3,5				3,5																0,2—1,0
Hafer entspelzt Hohenheimer 2 A IV. 1926	Keim %	94		99	99	94		99	99	90		99		83		98		73		94		70		87	93
	„ Pl. + Rad.																								80
	p_H-Abbau	5,2		5,3		5,6		5,6		6,0		5,8		6,4		6,2		6,9		6,7		7,2		7,1	
	Plum. cm				6,0				6,0																0,1—4,0
	Rad. cm				3,0				2,0																0,1—0,5
Hafer entspeltzt Kirsches gelb. 1926	Keim %	81		96	97	73		96	99	79		98		58		99		59		89		58		85	85
	„ Pl. + Rad.																								65
	p_H-Abbau	5,4		5,5						6,0		6,0		6,4		6,2		6,9		6,7		7,2		7,15	
	Plum. cm				4,0				5,0																0,1—2,0
	Rad. cm				2,0				2,0																0,1—0,5

Keimung in 1/15 + 1/8 mol Natriumphosphatlösung

Keimflüssigkeit		20 NaH_2PO_4 1/15 mol + 70 Na_2HPO_4 1/8 mol				20 NaH_2PO_4 1/15 mol + 80 Na_2HPO_4 1/8 mol				10 NaH_2PO_4 1/15 mol + 90 Na_2HPO_4 1/8 mol				0,5 NaH_2PO_4 1/15 mol + 95 Na_2HPO_4 1/8 mol				1/8 mol Na_2HPO_4				5 ccm dest. Wasser			
Wasserstoffexponent		p_H 7,6				p_H 7,8				p_H 8,0				p_H 8,5				p_H 9,2				p_H 7,0			
Keimtage		1	2	3	8	1	2	3	8	1	2	3	8	1	2	3	8	1	2	3	8	1	2	3	8
Weizen Hohenheimer S. W. alte Zucht 1926	Keim %	64	82	94	94	64	80	82	88	60	76	82	82	50	70	80	81	12	70	74	77	96	99		99
	„ Pl.+Rad.				75				60				57				57				60				99
	p_H-Abbau	7,4	7,4	7,4		7,6		7,6		7,8		7,7		7,8		7,8		7,8	7,8	7,8		6,6	6,6		
	Plum. cm				0,2-3,2				0,1-1,7				0,1-1,7				0,1-1,7				0,1-0,5				5,5
	Rad. cm				0,1-1,0				0,1-1,0				0,1-0,7				0,1-0,7								6,0
Weizen Dippes Bordeaux 1926	Keim %	60	75	81	81	38	65	69	75	37	58	69	69	35	47	64	64	2	54	66	66	91	97		100
	„ Pl.+Rad.				60				57				40				47				44				100
	p_H-Abbau	7,4		7,4		7,6		7,6		7,7		7,6		7,8		7,8		7,8	7,8	7,8		6,6	6,6		
	Plum. cm				0,2-2,5				0,1-1,5				0,1-1,0				0,1-1,0				0,1-0,5				4,0
	Rad. cm				0,1-1,0				0,1-0,8				0,1-0,7				0,1-0,7				0,1-0,5				6,0
Weizen Hohenheimer S. W. 25 f. 1926	Keim %	30	79	79	83	27	74	80	80	20	67	67	74	24	51	65	72	2	54	75	75	83	98		98
	„ Pl.+Rad.				70				62				60				58				52				98
	p_H-Abbau	7,4		7,4		7,6		7,6		7,7		7,6		7,9		7,8		7,8	7,8	7,8		6,5	6,5		
	Plum. cm				0,2-2,5				0,1-2,0				0,1-1,5				0,1-1,0				0,1-0,5				4,0
	Rad. cm				0,1-0,8				0,1-0,7				0,1-0,7				0,1-0,7				0,1-0,5				6,0
Hafer entspelzt Hohenheimer 2 A IV. 1926	Keim %	70	75	80	82	57	68	78	78	50	63	77	77	50	62	75	75	10	60	88	88	98	98		98
	„ Pl.+Rad.				70				50				64				53				53				97
	p_H-Abbau	7,5		7,4		7,7		7,6		7,8		7,8		7,8		7,8		7,9	7,9	7,9		7,3	7,4		
	Plum. cm				0,2-2,5				0,1-2,0				0,1-1,5				0,1-1,5				0,2-2,0				6,0
	Rad. cm				0,1-0,2				0,1-0,2				0,1-0,2				0,1-0,2				0,1-0,2				3,0
Hafer entspelzt Kirsches gelb 1926	Keim %	54	60	69	71	54	60	65	66	35	49	54	62	35	49	51	51	9	49	51	51	88	92	93	97
	„ Pl.+Rad.				54				35				52				30				30				97
	p_H-Abbau	7,4	7,4	7,4		7,8	7,8	7,8		7,8		7,8		7,9	7,8	7,8		8,0	7,9	7,9		7,3	7,4		
	Plum. cm				0,1-3,0				0,5-2,0				0,1-2,0				0,1-2,0				0,1-2,0				5,0
	Rad. cm				0,1-0,3				0,1-0,3				0,1-0,3				0,05-0,2				0,1-0,2				2,0

Keimung in 1/15 + 1/8 mol Natriumphosphatlösung

Keimflüssigkeit		1/15 mol NaH_2PO_4				9,75 NaH_2PO_4 1/15 mol +0,25 Na_2HPO_4 1/8 mol				9,5 NaH_2PO_4 1/15 mol + 0,5 Na_2HPO_4 1/8 mol				9,0 NaH_2PO_4 1/15 mol + 1,0 Na_2HPO_4 1/8 mol				7,0 NaH_2PO_4 1/15 mol + 3,0 Na_2HPO_4 1/8 mol				5,0 NaH_2PO_4 1/15 mol + 5,0 Na_2HPO_4 1/8 mol			
Wasserstoffexponent		p_H 4,4				p_H 5,6				p_H 6,0				p_H 6,4				p_H 6,9				p_H 7,3			
Keimtage		2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14
Gerste Heines Goldhorpe 1926	Keim %	76	84	97	98	64	73	99	99	56	71	96	99	63	69	94	98	44	60	81	85	32	34	36	36
	„ Pl. + Rad.			64	64			63	63			60	60			60	60			57	57			25	30
	pH-Abbau	6,2	6,2			6,3	6,3			6,4	6,4			6,4	6,4			6,9	6,9			7,3	7,3		
	Plum. cm			4,5				4,5				3,0				3,5				3,0				1,5	
	Rad. cm			2,0				2,5				2,0				2,0				1,5				1,0	
Gerste Hohenheimer Riedlinger 1926	Keim %	26	36	90	96	20	30	44	86	20	30	35	74	16	30	39	47	11	15	16	26	8	13	13	13
	„ Pl. + Rad.			50	50			29	36			21	30			24	27			6	23			7	9
	pH-Abbau	6,1	6,2			6,2	6,3			6,4	6,4			6,4	6,4			6,9	6,9			7,3	7,3		
	Plum. cm			3,0				3,0				3,0				3,5				2,5				2,0	
	Rad. cm			2,0				2,0				2,0				2,2				1,5				1,0	
Gerste Zeiners Franken 1926	Keim %	71	83	99	100	49	64	96	99	49	76	98	98	45	58	87	96	32	43	58	83	28	28	28	30
	„ Pl. + Rad.			67	77			67	67			61	61			55	58			44	45			21	24
	pH-Abbau	6,0	6,0			6,2	6,3			6,2	6,2			6,4	6,4			6,9	6,9			7,3	7,3		
	Plum. cm			2,5				2,5				1,5				2,5				2,0				2,0	
	Rad. cm			1,5				1,5				1,5				1,5				1,0				0,3	
Gerste Zeiners Franken 1927	Keim %	53	61	95	98	50	58	80	96	43	43	81	96	38	40	63	90	38	38	47	79	25	33	43	46
	„ Pl. + Rad.			48	48			42	51			37	46			35	38			35	37			28	33
	pH-Abbau	6,0	6,0			6,0	6,1			6,2	6,2			6,4	6,4			6,9	6,9			7,3	7,3		
	Plum. cm			5,0				3,2-5,0				5,0				4,0				3,5				2,0	
	Rad. cm			1,5				2,0				1,5-3,5				1,5-2,5				2,3				0,5	
Hafer bespelzt Hohenheimer 2 A IV 1926	Keim %	25	32	57	86	22	34	46	77	25	28	45	89	22	27	49	75	15	29	44	44	15	33	33	33
	„ Pl. + Rad.			52	56			37	49			40	56			45	53			34	43			19	20
	pH-Abbau	6,0	6,0			6,2	6,3			6,2	6,3			6,4	6,4			6,9	6,9			7,3	7,3		
	Plum. cm				6,0			8,5				10,0				6,0				4,0				2,5	
	Rad. cm.				3,0			2,0				3,5				1,5				1,5				0,3-0,4	
Hafer bespelzt Kirsches gelb. 1926	Keim %	16	16	27	30	17	21	32	32	15	18	32	32	16	20	27	32	12	16	30	32	9	23	26	26
	„ Pl. + Rad.			25	27			30	32			26	28			20	32			25	32			17	20
	pH-Abbau	6,0	6,0			6,0	6,2			6,2	6,2			6,4	6,4			6,9	6,9			7,3	7,3		
	Plum. cm			6,2				6,0				7,0				4,5				4,0				2,0	
	Rad. cm			1,2				3,0				3,0				3,0				1,2				0,4	

Keimung in 1/15 + 1/8 mol Natriumphosphatlösung

Keimflüssigkeit		30 NaH_2PO_4 1/15 mol + 70 Na_2HPO_4 1/8 mol				20 NaH_2PO_4 1/15 mol + 80 Na_2HPO_4 1/8 mol				0,5 NaH_2PO_4 1/15 mol + 95 Na_2HPO_4 1/8 mol				21,3 1/10 NaOH + 50 1/10 HBO_3 in 1/1 mol KCl auf 100 ccm				1/8 mol Na_2HPO_4				5 ccm Dest. Wasser			
Wasserstoffexponent		p_H 7,6				p_H 7,8				p_H 8,5				p_H 9,0				p_H 9,2				p_H 7,0			
Keimtage		2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14	2	3	8	14
Gerste Heines Goldhorpe 1926	Keim %	30	32	34	34	28	31	32	32	32	32	32	32	83	90	92	92	25	31	31	31	75	80	99	100
	„ Pl.+Rad.			25	30			14	20			5	29			0	0			3	3			66	69
	pH-Abbau	7,6	7,6			7,8	7,8			7,9	7,8			7,9	7,7			7,8	7,8			7,6	7,8		
	Plum. cm			0,5-2,0				0,5-1,5				0,5-1,5				0	0			0,5-0,8				3,5	
	Rad. cm			0,1-0,5				0,05-0,5				0,05-0,5				0,05				0,02-0,3				2,0	
Gerste Hohenheimer Riedlinger 1926	Keim %	8	12	12	12	11	11	11	11	9	11	11	11	34	34	34	34	5	6	6	6	19	30	39	98
	„ Pl.+Rad.			7	7			2	4			3	4			0	0			0	0			20	33
	pH-Abbau	7,6	7,55			7,8	7,75			8,0	7,9			8,0	7,9			7,7	7,7			7,7	7,7		
	Plum. cm			0,5-2,0				1,5				1,0				0	0			0				4,5	
	Rad. cm			0,1-0,5				0,3-0,4				0,3				0,02				0,01				4,0	
Gerste Zeiners Franken 1926	Keim %	18	28	28	28	20	20	20	20	17	17	17	17	88	88	88	88	8	17	17	17	48	65	99	100
	„ Pl.+Rad.			21	22			12	13			7	12			0	2			2	2			58	59
	pH-Abbau	7,6	7,5			7,8	7,75			7,9	7,9			7,9	7,9			7,9	7,8			7,5	7,5		
	Plum. cm			0,5-1,5				0,5-1,5				0,5-1,0				0				0,2-0,6				2,5	
	Rad. cm			0,1-0,5				0,1-0,2				0,1-0,3				0,02				0,1-0,2				1,5	
Gerste Zeiners Franken 1927	Keim %	25	28	30	30	25	25	26	26	18	19	26	26					30	30	30	30	47	52	94	97
	„ Pl.+Rad.			10	15			5	15			4	4							8	10			37	46
	pH-Abbau	7,5	7,5			7,7	7,6			7,8	7,8							7,9	7,8			7,5	7,8		
	Plum. cm			1,5				0,5				0,2-0,3								0,2-0,7				4,0	
	Rad. cm			0,3				0,2				0,1-0,2								0,1-0,2				2,0	
Hafer bespelzt Hohenheimer 2 AIV 1926	Keim %	9	25	28	28	11	20	28	28	6	7	8	9	18	24	5	0 Schimmel	1	9	13	13	26	35	84	94
	„ Pl.+Rad.			15	23			11	12			3	9			0	0			7	7			50	75
	pH-Abbau	7,6	7,6			7,8	7,75			7,9	7,9			7,8	7,7			7,9	7,8			7,7	7,7		
	Plum. cm			0,5-2,0				0,5-2,0				0,5-1,5				0	0			0,5-1,5				11,0	
	Rad. cm			0,2				0,2				0,2				0,02				0,2				4,5	
Hafer bespelzt Kirsches gelb 1926	Keim %	9	23	25	25	7	10	16	16	4	11	15	15	8	9	6	0 Schimmel	7	12	12	12	19	20	47	84
	„ Pl.+Rad.			7	7			4	4			3	5							2	2			33	77
	pH-Abbau	7,6	7,6			7,8	7,7			7,9	7,8			7,6	7,6			7,9	7,8			7,6	7,6		
	Plum. cm			0,5-1,5				0,5-1,5				0,5-1,5				0	0			0,5-1,0				9,0	
	Rad. cm			0,2				0,2				0,2				0,01				0,2				3,0	

tion des Mediums dem Neutralpunkt zu, umändern; sie können, wie sich zeigen wird, sowohl saurer als auch alkalischer Natur sein.

Ferner ist auffallend, daß die Keimung in gepufferten Lösungen z. T. viel nachteiliger beeinflußt wird als in den ungepufferten. Puffergemische aus Salzsäure + Kalium- oder Natriumchlorid und sauer reagierendem NaH_2PO wirken scheinbar weniger schädlich als die schwach sauer und alkalisch reagierenden Natriumphosphate und auch als das sauer reagierende Puffergemisch aus Bernsteinsäure + Borax. Da in beiden letzteren Fällen sowohl bei saurer als auch alkalischer Reaktion starke Hemmung eintritt, so liegt auf der Hand, daß hier die nachteilige Beeinflussung nicht von den H- oder OH-Ionen herrührt, sondern daß einmal die jeweils verschieden auftretenden Restionen in diesen Lösungen sich in ungünstiger Weise gegen die Samenbestandteile ausspielen, z. a. aber auch, daß durch die verschieden molar zusammengesetzten Lösungen, die Keimung bzw. das Wachstum mit steigendem Molekulargewicht und dementsprechend mit steigendem osmotischen Druck in der Lösung gehemmt wird. Stellt man zum Vergleich das Molekulargewicht der zur Untersuchung verwendeten Salze zusammen, so ergibt sich folgendes Schema: $NaCl = 58{,}46$; $KCl = 74{,}56$; $NaH_2PO_4 + H_2O = 138{,}1$; $Na_2HPO_4 + 2H_2O = 178{,}08$; Bernsteinsäure + Borax $= 319{,}38$. Die Keimhemmung läßt sich also mit steigendem Molekulargewicht in vorliegenden Fällen in Übereinstimmung bringen.

C. Die Reaktionsveränderungen während der Quellung und Keimung von Gramineensamen

1. Die Veränderungen während der Quellung

Daß die in einer Lösung quellenden Samen, die Reaktion dieses Quellmediums verändern, wurde verschiedentlich festgestellt. Das Zustandekommen solcher Veränderungen kann einmal begründet sein durch Ausscheidungen von in den Samen enthaltenen Substanzen, z. a. in einer selektiven Absorption von H- bzw. OH-Ionen aus den Lösungen.

Fassen wir zunächst die erste Möglichkeit ins Auge, so wäre in erster Linie auf die bekannte Tatsache hinzuweisen, daß alle Samen beim Quellen in Wasser Stoffe abgeben, welche in dieses diffundieren. Nach Zöbl (1875), Dezani und Barozelli (1914/15), Yokoi (1898), André (1911 und 1912) und Akemine (1914) sind es hauptsächlich Kalium, Magnesium, Kalzium und phosphorsaure Salze. Daß dies mit einer Reaktionsveränderung des Quell- bzw. Keimmediums verbunden ist, wurde vielfach festgestellt. So zeigte sich

nach Rudolfs (1922) bei Verwendung von Neutralsalzen ($MgSO_4$, $NaNO_3$, $Ca(NO_3)_2$, NaCl, KCl) in Konzentrationen bis 7 Atmosphären beim Quellen von Mais und Weizen unter diesen Lösungen eine Herabsetzung des p_H-Wertes, und zwar bis zu je einem, für die einzelnen Samen und einzelnen Salze ungefähr feststehenden Punkt. Auch bei Anwendung des basischen K_2CO_3 wurde der p_H-Wert von dem höher als 9,8 gelegenen Punkt bis auf 6,5 bei 0,1 Atmosphären (Lösungsdruck) herabgesetzt. Wiederholte Quellung (nach dem Auswaschen) in diesen Salzen rief dieselbe p_H-Veränderung hervor. Auch Dahm (1924, S. 307) bemerkte derartige Verschiebungen in den Entleerungsflüssigkeiten seiner embryolosen Maisendosperme bei Verwendung verschiedener Salze. Bei ihm heißt es: „Eigenartig ist bei den Versuchen mit Wasserstoffionen die Verschiebung der p_H-Werte während des Versuches gegen den Neutralpunkt zu. Bei den H-Ionen ist sie gering und könnte durch äußere Einflüsse veranlaßt sein. Bei den OH-Ionen ist sie stark und sehr auffallend, so z. B. bei NaOH von p_H 10,8 nach p_H 7,0. Hier kann sie zum Teil durch die Neutralisation des Alkalis mittels der bei der Atmung entstehenden Kohlensäure erklärt werden, aber nicht dadurch allein, da ja das entsprechende Karbonat reichlich OH-Ionen abspaltet. Es muß vielmehr noch ein anderes Produkt, etwa eine organische Säure mit nicht hydrolysierenden Salzen gebildet werden."

Andere Schlüsse zieht Rudolfs aus den folgenden Versuchen, welche er mit Mais anstellte. In Lösungen von Salz-, Schwefel-, Salpeter-, Phosphor-, Bor-, Oxal-, Zitronen-, Milch-, Ameisen-, Essig- und Benzoësäure ergab sich bei verschieden langer Einwirkung eine Verschiebung gegen den Neutralpunkt hin. Dabei verschob sich beim Wechsel der Temperatur der Gleichgewichtspunkt ein wenig. Durch gesonderte Untersuchung der Kornschale, des Endosperms und von reiner Stärke, konnte er weiter zeigen, daß die Verschiebung des p_H-Wertes einer $MgSO_4$-Lösung durch die erstere zustande kam, während die Veränderung durch die Stärke nicht bemerkenswert war. Auf seine Ergebnisse über die Wirkung der Eiweißstoffe soll später zurückgegriffen werden. Rudolfs schließt aus diesen Versuchsresultaten, daß nicht die aus den Samen austretenden Substanzen die Veränderung bedingen; sie sollen vielmehr dadurch zustande kommen, daß die Kationen schneller absorbiert werden als die Anionen, und die Anionen im Quellmedium zurückbleiben.

2. Die Reaktionsveränderung während der Keimung im Samen

Auch die Veränderungen, welche sich in den gekeimten Samen selbst abspielten, wurden des öfteren untersucht. So ergab sich nach

Keimung von Festuca arundinacea in 1/15 mol + 1/8 mol Natriumphosphatlösung

Keimflüssigkeit	1/15 mol NaH_2PO_4		9,75 ccm 1/15 mol NaH_2PO_4 + 0,25 ccm 1/8 mol Na_2HPO_4		9,5 ccm 1/15 mol NaH_2PO_4 + 0,5 ccm 1/8 mol Na_2HPO_4		7,0 ccm 1/15 mol NaH_2PO_4 + 3,0 ccm 1/8 mol Na_2HPO_4		5,0 ccm 1/15 mol NaH_2PO_4 + 5 ccm 1/8 mol Na_2HPO_4		30 ccm 1/15 mol NaH_2PO_4 + 70 ccm 1/8 mol Na_2HPO_4		20 ccm 1/15 mol NaH_2PO_4 + 80 ccm 1/8 mol Na_2HPO_4		0,5 ccm 1/15 mol NaH_2PO_4 + 95 ccm 1/8 mol Na_2HPO_4		Destill. Wasser	
Wasserstoffexponent	4,4		5,6		6,0		6,9		7,3		7,6		7,8		8,5		7,0	
Keimtage	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16
Keim %	66	74	76	80	56	66	64	77	37	53	37	39	26	26	12	14	67	80
p_H-Abbau	5,3	—	5,8	—	6,0	—	6,8	—	7,3		7,6	—	7,8		8,3	8,1	7,4	6,9
Plum. cm	—	8,2	0,2-2,0	9,0	—	7,0	0,1-1,0	7,5	—	3,0	—	0,1-3,0	—	0,1-2,5	—	0,1-2,0	—	8,2
Rad. cm	—	0,7-1,0	0,2-1,0	1,0-2,5	—	1,0	0,1-0,2	0,7	—	0,1	—	0,05-0,1	—	0,05-0,1	—	0,05-0,1	—	1,5

Prior (1896) eine sehr erhebliche Zunahme an flüchtiger Säure, fixer organischer Säure und besonders an primären Phosphaten von ruhendem Gerstenkorn zum Grünmalz. Dasselbe fanden Lüers und Adler (1915), Lüers (1920), Loibl (1923) und Schjerning (1917). Über die Bildung von Milchsäure in Gerste berichtet Windisch (1888); über Ameisensäure, besonders in den Wurzelspitzen Göbel (1891) und Czapek (1896); über Oxalsäure Benecke (1903) sowie Zaleski und Reinhard (1911). Über die Veränderungen des p_H-Wertes in gekeimten Gerstensamen berichten ferner Dietrich und Kolbach (1922) und Lüers (1929).

3. Die Reaktionsveränderungen im Medium während der Keimung

a) Veränderung bei der Keimung im Wasser

Bei den von mir in destilliertem Wasser ausgeführten Keimversuchen zeigte sich, daß die Weizensamen der restierenden Keimflüssigkeit eine schwach saure Reaktion erteilten, während die entspelzten und bespelzten Hafersamen sowie die Gersten- und Festucasamen eine schwache Alkalisierung hervorriefen.

b) Veränderung bei der Keimung in Lösungen mit verschiedenem p_H-Wert

Weizen. — Bei sämtlichen geprüften Weizensorten traten in den *ungepufferten Lösungen* von Salz-, Schwefel- und Salpetersäure ungefähr gleiche Veränderungen im p_H-Abbau ein. Betrachtet man diese z. B. bei dem Hohenheimer Weizen alter Zucht in salpetersaurer Lösung, so ist zu ersehen, daß die p_H-Werte 1,4, 1,6, 1,95, 3,2 und 4,8 nach eintägiger Keimung um 1,4, 2,6, 2,85, 3,6 und 1,9 p_H-Werte gegen den Neutralpunkt zu erhöht wurden. Die Verschiebung am 3. Tag war kaum größer als am 1. Tag; der Unterschied betrug nur etwa 0,2 p_H-Werte mehr. Auffallend ist, daß bei den niedersten p_H-Werten von 1,4 und dem höchsten von 4,6 die Verschiebung am geringsten war. Etwas abweichend von obigen Lösungen war z. T. die Veränderung in den phosphorsäurehaltigen Lösungen. Nach dem ersten Keimtag waren die Werte von p_H 1,6, 1,8, 2,0, 2,35, 2,6, 3,8 und 5,1 um 0,3, 0,8, 1,4, 3,55, 3,3, 3,0 und 1,9 p_H-Werte gestiegen. Der Anstieg im p_H-Wert war also hier im Anfang sehr schwach, gegen die Mitte sehr stark und gegen das Ende wieder etwas schwächer.

Auch die *gepufferten* Lösungen werden je nach ihrer Zusammensetzung mehr oder weniger verändert. Von einer solchen Veränderung werden in der Hauptsache die stark sauren und die

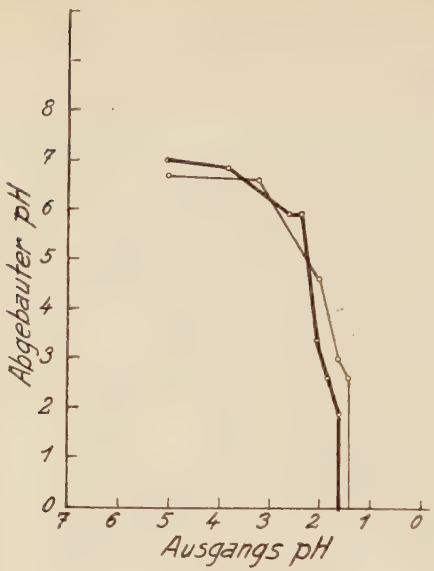


Fig. 63.
Hohenheimer Weizen, alte Zucht.
——— pH-Abbau in HCl nach 1 Tag.
▬▬▬ pH-Abbau in H_3PO_4 nach 1 Tag.

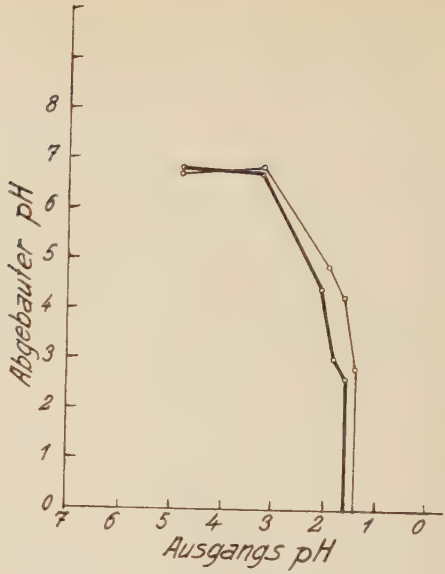


Fig. 64.
Hohenheimer Weizen, alte Zucht.
——— pH-Abbau in H_2SO_4 nach 1 Tag.
▬▬▬ pH-Abbau in HNO_3 nach 1 Tag.

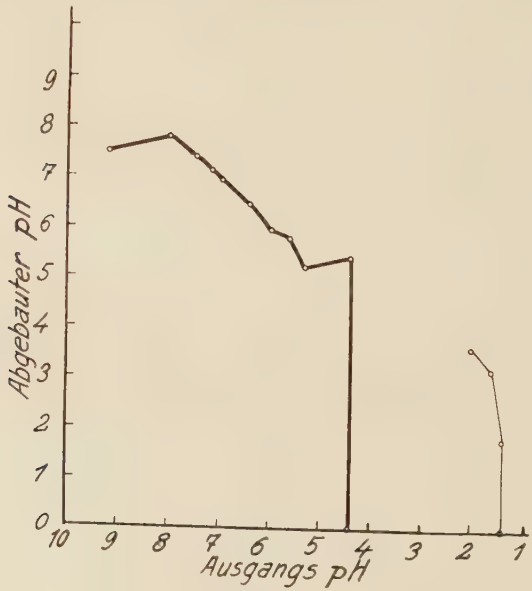


Fig. 65.
Hohenheimer Weizen, alte Zucht.
——— pH-Abbau in HCl + KCl-Puffer nach 1 Tag.
▬▬▬ pH-Abbau in $NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$ ($^1/_{15}$ mol) nach 1 Tag.

stark alkalischen Lösungen betroffen; immer aber bei den einzelnen Sorten in ungefähr demselben Maß. So wird z. B. bei dem Hohenheimer Weizen alter Zucht der Ausgangs-p_H-Wert 1,4, 1,6 und 2,0 (HCl + KCl) auf 3,0 3,2 und 4,6 am 3. Keimtag verschoben. Bei Anwendung eines Puffergemisches aus HCl + NaCl wird sogar der Anfangs-p_H-Wert von 3,0 auf 7,1 nach 3 Keimtagen erhöht. Die Pufferlösung aus Bernsteinsäure + Borax wird dagegen nur von p_H 4,0 auf 4,6 verändert. Etwas abweichend aber verhalten sich die Phosphatpufferlösungen innerhalb der verschiedenen Bereiche; diese werden nur im Bereich von 4,4 und im Bereich von 8,0 bis 9,2, sowohl in den schwächer als auch in den stärker molaren Lösungen besonders beeinflußt, während die anderen dazwischen liegenden p_H-Werte unverändert bleiben. Die saure, primäre Natriumphosphatlösung mit einem p_H-Wert von 4,4 wurde am 1. und 2. Keimtag auf die Werte von p_H 5,4 bzw. 5,6 abgebaut; die alkalisch reagierenden Natriumphosphatlösungen vom p_H-Bereich 8,0 bis 9,2 wurden nach dem 3. Keimtag dem Neutralpunkt zu auf p_H 7,8 herabgedrückt.

Im Vergleich von gepufferten Lösungen und ungepufferten kann gezeigt werden, daß erstere einen etwas geringeren Abbau erfahren.

Entspelzter Hafer. — Die Veränderungen, welche die beiden Hafersorten aufweisen, weichen nur wenig von den beim Weizen besprochenen Resultaten, sowohl in den gepufferten als auch ungepufferten Lösungen ab. Im p_H-Bereich von 5,0 der ungepufferten Lösungen ist der Anstieg bis auf p_H 7,2 besonders bemerkenswert.

Bespelzter Hafer. — Die Veränderungen, welche die bespelzten Hafersorten in den *ungepufferten Lösungen* hervorriefen, waren erheblicher als diejenigen, welche sich bei dem entspelzten Hafer einstellten. Schon in den Konzentrationen von p_H 1,4, 1,6, 1,8, 2,0, 2,35 und 2,6 stehen am 2. Keimtag p_H-Werte von 3,8, 4,6, 5,0, 5,6, 6,9, 7,5, solchen vom p_H-Wert 2,6, 4,3, 4,0, 5,8 5,4 und 5,7 bei entspelzten Samen gegenüber. Vom p_H-Wert 3,0 ab steigen die Werte bei bespelztem Hafer auf 7,0 bis 8,0, bei entspelztem vom p_H-Wert 3,0 bzw. 5,0 auf 6,5 bzw. 7,2 an.

In den *gepufferten Lösungen* aus HCl + KCl und HCl + NaCl zeigen sich im Bereich von 1,4—3,0 steigende p_H-Werte von 3,3 bzw. 7,9; sie sind hier wiederum etwas kleiner als in den ungepufferten Lösungen. Die Phosphatpufferlösungen erfahren ebenfalls in den extrem sauren und extrem alkalischen Bereichen die größten Veränderungen. Im sauren Bereich allerdings nicht nur

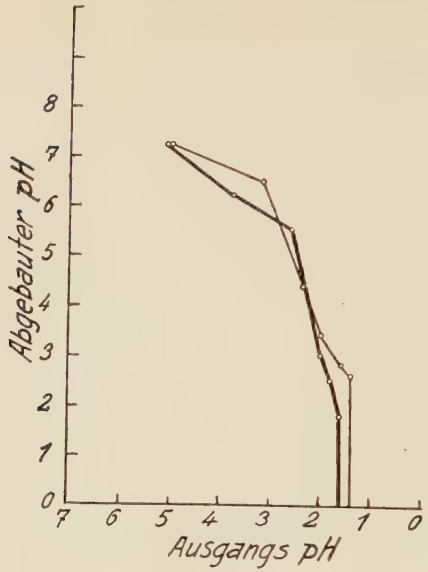


Fig. 66.
Hohenheimer Hafer 2 A entspelzt.
pH-Abbau in HCl nach 1 Tag.
pH-Abbau in H_3PO_4 nach 1 Tag.

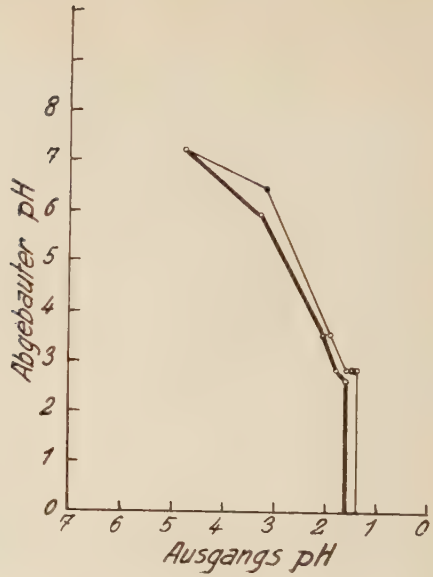


Fig. 67.
Hohenheimer Hafer 2 A entspelzt.
pH-Abbau in H_2SO_4 nach 1 Tag.
pH-Abbau in HNO_3 nach 1 Tag.

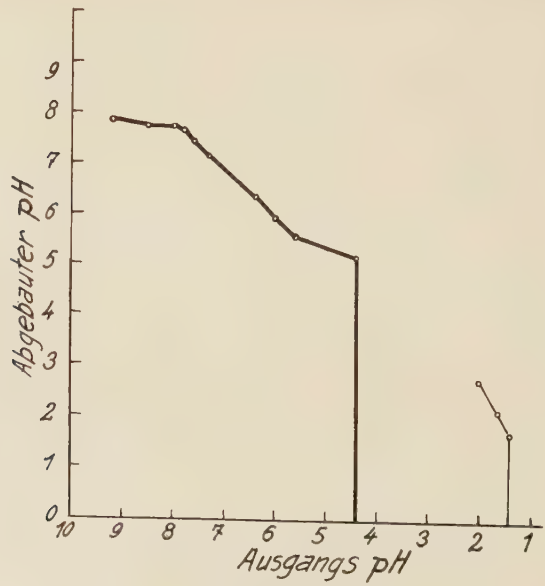


Fig. 68.
Hohenheimer Hafer 2 A entspelzt.
pH-Abbau in HCl + KCl-Puffer nach 1 Tag
pH-Abbau in $NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$ ($^1/_{15} + ^1/_8$ mol) nach 1 Tag.

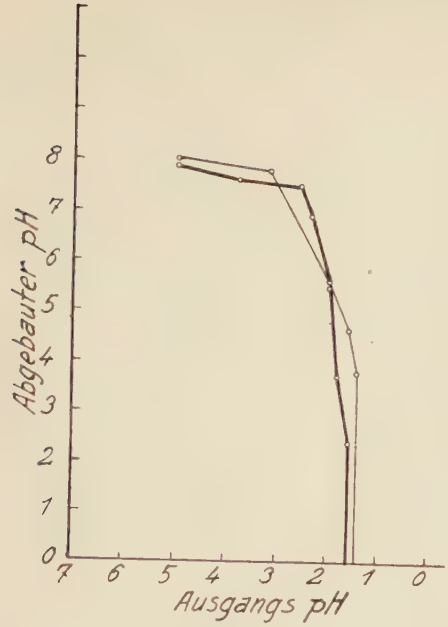


Fig. 69.
Hohenheimer Hafer 2 A bespelzt.
——— pH-Abbau in HCl nach 2 Tagen.
——— pH-Abbau in H_3PO_4 nach 2 Tagen.

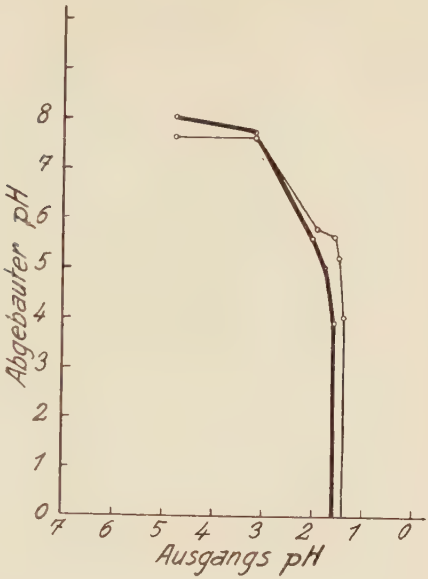


Fig. 70.
Hohenheimer Hafer 2 A bespelzt.
——— pH-Abbau in H_2SO_4 nach 2 Tagen.
——— pH-Abbau in HNO_3 nach 2 Tagen.

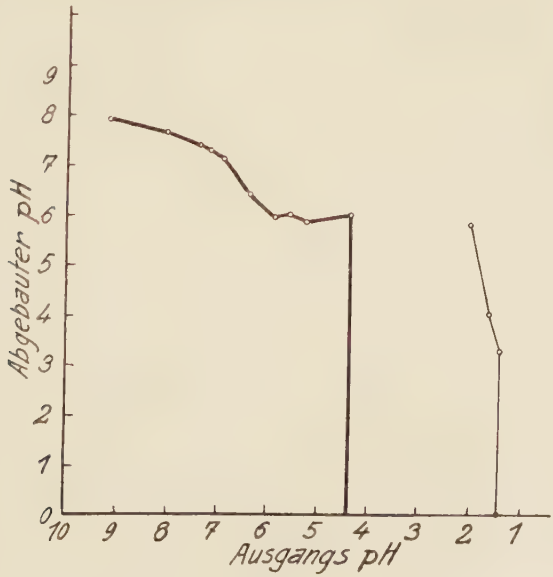


Fig. 71.
Hohenheimer Hafer 2 A bespelzt.
——— pH-Abbau in HCl + KCl-Puffer nach 2 Tagen.
——— pH-Abbau in $NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$ ($^1/_{15}$ mol) nach 2 Tagen.

im p_H-Wert 4,4, sondern auch in den Stufen von 5,3, 5,6, 5,91 und 6,0. Auch die schwach alkalischen Lösungen erfahren geringe Verschiebungen dem Neutralpunkte zu.

Gerste. — Sämtliche untersuchten vier Gerstensorten erfahren in den *ungepufferten Lösungen* ungefähr den gleichen Anstieg im p_H-Wert. Auch hier zeigen die Phosphorsäurelösungen im stark sauren Teil ein geringes Anwachsen als die anderen Säuren bei entsprechendem p_H-Wert. Die bei den einzelnen Säuren erhaltenen Werte gleichen im großen ganzen denjenigen, welche bei den bespelzten Hafersamen erhalten wurden.

Auch in den *gepufferten Lösungen*, hergestellt aus HCl + KCl, ist zunächst wieder eine geringere Zunahme im p_H-Wert zu beobachten als in den entsprechenden ungepufferten Salzsäurelösungen. Dies ist besonders auffallend bei der Zeiner-Franken-Gerste frischer Ernte. In dem Puffergemisch von HCl + NaCl (ph 3,0) macht sich dies nicht mehr bemerkbar, da hier der Abbau bis zum p_H-Wert von 7,7—7,9 eintritt. Den gepufferten Phosphatlösungen gegenüber verhält sich die Gerste ungefähr wie der bespelzte Hafer.

Festuca arundinacea. — Bei den *Festuca*samen ist der p_H-Abbau im Bereich von 1,6 und 1,8 noch verhältnismäßig gering; er verschiebt sich höchstens auf 2,6. Im p_H-Bereich 2,0 wird der Abbau größer und ist besonders bei Salz- und Salpetersäure deutlich, indem der Endwert bereits schon über p_H 7 geht. Die Phosphorsäure weicht in ihrem Verhalten beim Abbau wieder sehr von den anderen Säuren ab, indem sie bis p_H 2,0 am wenigsten beeinflußt. Im p_H-Bereich von 2,35 und 2,6 steigert sich jedoch der Abbau auch bei dieser Säure beträchtlich, so daß sich diese Werte auf 5,6 und 6,5 verschieben. Vom p_H-Wert 3,2 bis 5,1 ist die Veränderung groß und erreicht bei allen Säuren Werte von 7,9 bis 8,0.

Die gepufferten Lösungen erfahren ähnliche Veränderungen, wie sie bei dem bespelzten Hafer und der Gerste beobachtet wurden. Die näheren Werte sind in der Tabelle (S. 488) einzusehen.

4. Rückblick über die Veränderungen der Wasserstoffionenkonzentration durch die Samen und die sich ergebende Pufferung

Es wurde in vorliegenden Versuchen gezeigt, daß in allen Fällen durch quellende und keimende Samen *ein Abbau im p_H-Wert, dem Neutralpunkt zu*, hervorgebracht wurde. Die Endeinstellung im p_H-Wert war nicht gleich, sondern erfolgte stufenweise, in der Art, daß der Abbau in Abhängigkeit von Stärke und Pufferung der Lösung als auch der Keimgeschwindigkeit stand. So ist in dem für

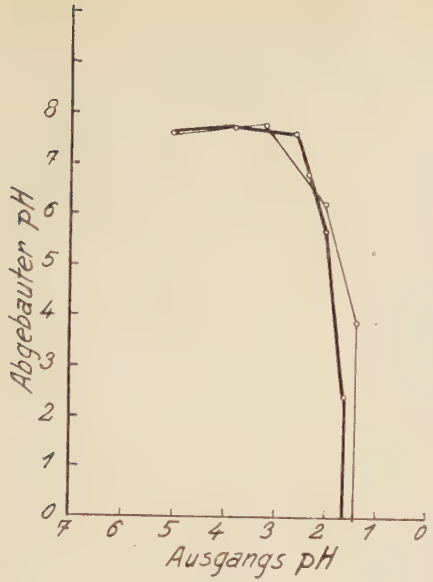


Fig. 72.
Heines Goldhorpe Gerste.
——— pH-Abbau in HCl nach 2 Tagen.
——— pH-Abbau in H_3PO_4 nach 2 Tagen.

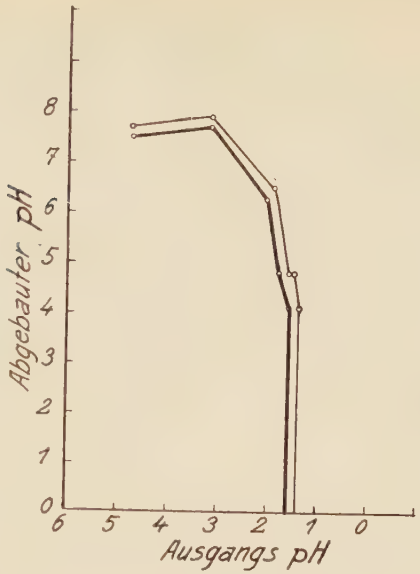


Fig. 73.
Heines Goldhorpe Gerste.
——— pH-Abbau in H_2SO_4 nach 2 Tagen.
——— pH-Abbau in HNO_3 nach 2 Tagen.

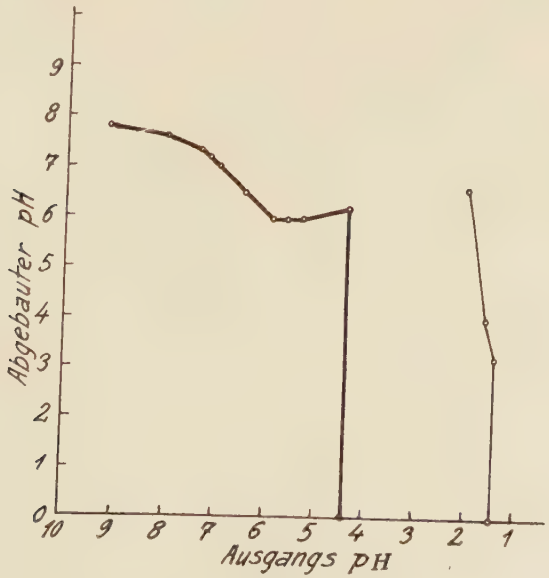


Fig. 74.
Heines Goldhorpe Gerste.
——— pH-Abbau in HCl + KCl Pufferlösung nach 2 Tagen.
——— pH-Abbau in $NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$ ($^1/_{15}$ mol) nach 2 Tagen.

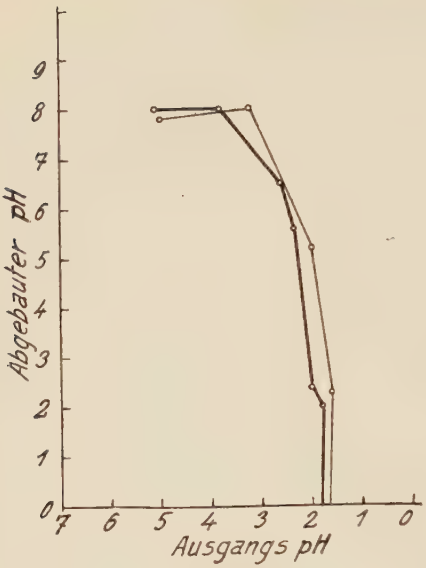


Fig. 75.
Festuca arundinacea.
——— pH-Abbau in HCl nach 6 Tagen.
▬▬▬ pH-Abbau in H_3PO_4 nach 6 Tagen.

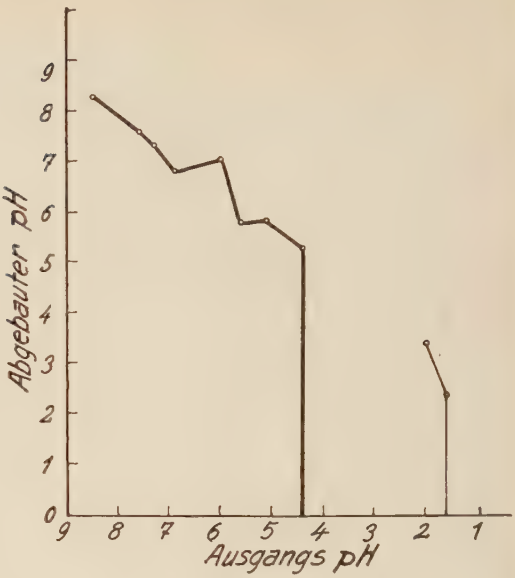


Fig. 76.
Festuca arundinacea.
——— pH-Abbau in HCl+KCl-Puffer nach 6 Tagen.
▬▬▬ pH-Abbau in $NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$ ($^1/_{15} + ^1/_8$ mol) nach 6 Tagen.

die Keimung ungünstigen stark sauren p_H-Bereich der Abbau langsamer als in den optimalen Bereichen. In den gepufferten Lösungen war er z. T. etwas geringer als in den ungepufferten Säurelösungen, doch war der Abbau in den gepufferten Phosphatlösungen besonders auffallend, da nur die stark sauren und alkalischen Lösungen verändert wurden, während im p_H-Bereich von 6,4 bis 7,8 eine fast völlige Konstanz im p_H-Wert festzustellen war. Die sauer reagierenden Phosphatlösungen im Bereich von 4,4 bis 6,0 bauen wenig dem Neutralpunkt zu ab, die alkalisch reagierenden Lösungen vom p_H-Wert 9,2 und 8,5 verringern wiederum ihre Alkalität in umgekehrter Weise dem Neutralpunkt zu. Doch auch hier sind innerhalb der einzelnen Arten und Sorten Abweichungen vorhanden, welche durch mancherlei Stoffe und Vorgänge, wie Spelzen- und Samenschalenwirkung, wie Reifestadien oder chemische Beschaffenheit usw. bedingt sein können.

Der *Unterschied innerhalb der einzelnen Arten* ist nicht sehr groß, wenn wir vom Weizen absehen. Aus den Versuchen ergab sich, daß der größte Endabbau in saurem Medium durch die bespelzten Gersten-, Hafer- und Festucasamen, ein etwas geringerer

durch die entspelzten Hafersamen und der geringste durch die Weizensamen erhalten wurde. Bei der Erörterung der Keimung von Samen in Wasser sahen wir, daß das verwendete destillierte Wasser mit einem p_H-Wert von 7,0 bei Weizen auf 6,6 und bei den anderen Samen auf p_H 7,8 umgeändert wurde. Auffallenderweise erhielt man auch bei der Keimung dieser Samen in schwach sauren und schwach alkalischen, gepufferten und ungepufferten Lösungen dieselben oder doch wenigstens ähnliche Resultate bei der Endeinstellung im p_H-Wert. Den Spelzen dürfte demnach ein besonderer Einfluß bei der Veränderung des p_H-Wertes zukommen; allein bestimmend können sie für die Verschiebung nicht sein, da auch entspelzter Hafer seine Endeinstellung im alkalischen Teil, zwischen 7,2 und 7,4 aus sauren Medien erfährt.

Es müssen also auch *andere Teile des Samens* für die Verschiebung des p_H-Wertes verantwortlich gemacht werden. So vermutet Rudolfs einmal eine raschere Aufnahme der Anionen oder Kationen durch die Samenschale, zum andern macht er den Eiweißgehalt der Samenschale dafür verantwortlich, da er bei in Säurelösungen quellenden Samen und Samenteilen von Mais und Bohnen in der Samenschale eine größere Ionenabsorptionsfähigeit bemerkte als im Endosperm und in reiner Stärke. Daß dies aber zum mindesten nicht allein vom Gesamteiweißgehalt herrühren kann, geht aus der chemischen Untersuchung des vorliegenden Samenmaterials hervor, woselbst ja die eiweißreicheren Samen die geringere Absorption zeigen, und ebenso ist bei der Zeiner-Gerste frischer Ernte die Absorption bei fast gleichem Eiweißgehalt gegenüber der ein Jahr alten Zeiner-Gerste größer. Es spielen also auch hier Nachreifevorgänge mit herein, welche sich auf ganz spezifische Stoffe beziehen können, wie besondere Eiweiße, Kohlehydrate, Fette, Mineralbestandteile usf. Daß ja gerade die letzteren hierbei besonders beeinflussend wirken, zeigen die schon angeführten geringen Reaktionsabweichungen in den gepufferten Phosphatlösungen im Bereich von p_H 6,4 bis 7,8. Es scheint also hier ein geringerer Austausch von reaktionsverändernden Stoffen vom Sameninnern zum Keimmedium und umgekehrt stattzufinden. Es liegt somit die Annahme nahe, daß die Phosphorverbindungen im Samen diesen Gleichgewichtszustand bewerkstelligen, da ja diese, wie schon bemerkt, die auffallendste Umformung in lösliche Phosphate erfahren. Da der Endabbau dem p_H-Wert von 8,0 zustrebt, kann die Möglichkeit bestehen, daß die Samen bei den physiologischen Vorgängen während des Keimungsprozesses mit Hilfe der Umwandlungsfähigkeit ihrer

p_H-Abbau in ungepufferten und

Weizen Hohenheimer

Ausgangs-p_H-Wert	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Lösung:														
HCl	2,6	3,0			3,0	3,6					4,6	5,6		
H_2SO_4					2,6	3,2	3,0	3,6					4,4	5,6
HNO_3	2,8	3,0	2,6	3,2	4,2	4,3			4,8	5,0				
H_3PO_4					1,9		2,6	3,0			3,4	3,4		
Puffer HCl + KCl	1,8	3,0			3,2	3,2					3,6	4,6		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

Weizen Dippes

Ausgangs-p_H-Wert	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Lösung:														
HCl	2,6	3,4			3,0	3,9					4,8	5,8		
H_2SO_4					2,6	3,0	3,0	3,8					4,5	6,4
HNO_3	3,0	3,8	2,6	3,4	2,7	3,8			4,7	6,0				
H_3PO_4					2,0		2,6	3,2			3,8	3,8		
Puffer HCl + KCl	2,0	2,8			3,2	3,2					3,7	4,8		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

Weizen Hohenheimer

Ausgangs-p_H-Wert	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Lösung:														
HCl	2,6	3,0			3,0	3,7					5,1	5,3		
H_2SO_4					2,6	3,0	3,0	3,6					5,0	5,1
HNO_3	2,8	3,0	2,6	3,1	3,2	3,5			4,4	4,8				
H_3PO_4					1,9		2,8	3,2			3,6	3,6		
Puffer HCl + KCl	1,9	2,4			3,0	3,0					3,6	4,6		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

Hafer entspelzt

Ausgangs-p_H-Wert	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Lösung:														
HCl	2,6	2,6			2,8	4,3					3,4	5,8		
H_2SO_4					2,6	2,6	2,8	4,0					3,5	5,2
HNO_3	2,8	2,8	2,8	3,4	2,8	4,2			3,5	5,8				
H_3PO_4					1,8	1,9	2,5	2,8			3,0	3,8		
Puffer HCl + KCl	1,8	2,1			2,2	3,2					2,8	4,3		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

gepufferten Lösungen während der Keimung

S. W. alte Zucht 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
						6,6	6,5									6,7	6,6				
								6,7	6,6					6,8	6,6						
						6,8	6,5							6,7	6,5						
5,9	6,1	5,9	6,3							6,8	6,7							7,0	6,6		
				6,9	7,1																
												4,6	4,6								
																				6,6	6,6

Bordeaux 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
						6,8	6,6									7,0	6,8				
								6,8	6,8					7,0	6,8						
						6,8	6,8							6,9	6,7						
6,6	6,3	6,1	6,2							6,9	6,8							7,0	6,8		
				7,0	7,6																
												4,6	4,8								
																				6,6	6,6

S. W. 25 f. 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
						6,5	6,5									6,5	6,5				
								6,5	6,4					6,5	6,4						
						6,7	6,5							6,5	6,4						
5,2	5,6	6,0	6,2							6,6	6,4							6,7	6,7		
				6,7	7,3																
												4,6	4,6								
																				6,5	6,5

Hohenheimer 2 A IV 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
						6,5	6,5									7,2	7,2				
								5,9	6,0					7,2	7,2						
						6,4	6,5							7,2	7,2						
4,4	5,4	5,5	5,7							6,2	6,3							7,2	7,2		
				6,5	6,5																
												4,4	5,2								
																				7,3	7,4

p_H-Abbau in ungepufferten und

Hafer entspelzt

Ausgangs-p_H-Wert	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Lösung:														
HCl		2,7			2,8	3,6					3,2	4,6		
H_2SO_4						2,6	2,8	3,9					3,4	5,0
HNO_3		2,6	2,8	3,2	2,8	4,0			3,0	5,8				
H_3PO_4					1,8	2,4	2,5	3,0			3,0	3,6		
Puffer HCl + KCl	2,0	3,3			2,0	3,2					3,1	4,0		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

Hafer bespelzt

Ausgangs-p_H-Wert	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Lösung:														
HCl	3,8	4,9			4,6	5,6					5,6	6,8		
H_2SO_4					3,9	5,2	5,0	6,2					5,6	6,9
HNO_3	4,0	4,1	4,2	5,4	5,6	6,2			5,8	6,9				
H_3PO_4					2,4	3,2	3,7	4,2						
Puffer HCl + KCl	3,3	3,3			4,0	5,0					5,5	5,9		
Puffer HCl + NaCl											5,8	7,0		
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

Hafer bespelzt

Ausgangs-p_H-Wert	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Lösung:														
HCl	3,7	4,9			4,8	5,5					5,5	6,8		
H_2SO_4					3,8	4,9	4,7	5,8					5,4	6,6
HNO_3	4,6	4,6	3,9	5,2	4,8	5,8			5,6	6,9				
H_3PO_4					2,4	3,0					5,5	5,8		
Puffer HCl + KCl	2,8	3,2			4,0	4,6					5,5	6,5		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

Festuca

Ausgangs-p_H-Wert	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen					6		6		6	16	6	16	6	16
Lösung:														
HCl					2,3		2,5				5,2	6,4		
H_2SO_4													3,5	3,9
HNO_3					2,6		2,0		4,1	7,6				
H_3PO_4											2,4	3,2		
Puffer HCl + KCl					2,4						3,4	3,6		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

gepufferten Lösungen während der Keimung

Kirsches gelb 1926

2,35		2,3		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
						6,6	6,6									7,2	7,2				
								6,3	6,5					7,2	7,2						
						6,2	6,7							7,2	7,2						
4,4	5,5	4,8	5,7							6,6	6,8							7,2	7,2		
				6,5	6,8																
												4,0	4,8								
																				7,3	7,4

Hohenheimer 2 A IV 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
						7,8	7,8									8,0	8,0				
								7,7	7,9					8,0	8,0						
						7,6	7,9							7,6	7,6						
6,9	6,9	7,5	7,5							7,6	7,9							7,9	7,9		
				7,7	7,9																
												5,3	6,8								
																				7,7	7,7

Kirsches gelb 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
						7,6	7,6									7,4	7,5				
								7,65	7,65					7,5	7,4						
						7,6	7,6							7,5	7,5						
6,8	6,8	7,1	7,2							7,4	7,5							7,4	7,4		
				7,6	7,7																
												5,2	7,0								
																				7,6	7,7

arundinacea 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16
						8,0	7,8									7,8	7,8				
								7,8	7,8					8,0	8,0						
						7,9	7,9							7,8	7,9						
5,6		6,5								8,0								8,0			
				7,4	7,8																
																				7,4	6,9

p_H-Abbau in ungepufferten und

Gerste Heines

Ausgangs-p_H-Werte	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Lösung:														
HCl	3,9	4,3									6,2	6,7		
H_2SO_4					4,1	4,4	4,8	4,9					6,3	7,0
HNO_3	4,1	4,6	4,8	5,8	4,8	4,9			6,5	7,0				
H_3PO_4					2,4	2,7	3,6	4,3			5,7	6,1		
Puffer HCl + KCl	3,2	3,5			4,0	4,8					6,6	6,7		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

Gerste Hohenheimer

Ausgangs-p_H-Wert	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Lösung:														
HCl	3,6	3,9			4,3	4,3					6,4	7,0		
H_2SO_4					4,0	4,1	4,8	4,8					6,4	7,0
HNO_3	3,8	4,3	4,7	4,8	4,6	4,6			6,25	7,0				
H_3PO_4					2,2	2,7	3,3	3,9			5,6	6,0		
Puffer HCl + KCl	2,9	3,4			5,0	5,2					6,6	6,7		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

Gerste Zeiners

Ausgangs-p_H-Werte	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Lösung:														
HCl	4,0	4,0			4,4	4,4					6,3	6,7		
H_2SO_4					4,0	5,0	4,4	4,4					6,35	6,5
HNO_3	3,9	4,5	4,8	5,8	4,4	4,6			6,4	7,0				
H_3PO_4					2,4	2,6	3,2	3,9			5,7	5,9		
Puffer HCl + KCl	2,9	3,4			4,0	4,2					6,15	6,4		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

Gerste Zeiners

Ausgangs- p_H-Werte	1,4		1,5		1,6		1,8		1,95		2,0		2,05	
Abgebauter p_H nach Tagen	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Lösung:														
HCl	3,7	4,8			5,0	5,6					6,4	6,5		
H_2SO_4					3,8	4,8	5,2	5,4					6,5	6,6
HNO_3	3,8	4,8	4,6	5,6	5,4	6,0			7,8	8,0				
H_3PO_4					2,4	3,0	3,4	3,6			5,6	5,8		
Puffer HCl + KCl	3,1	3,1			3,8	4,0					6,1	6,3		
Puffer HCl + NaCl														
Puffer Bernsteinsäure + Borax														
Destilliertes Wasser														

gepufferten Lösungen während der Keimung
Goldhorpe 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
						7,8										7,6	7,8				
								7,7						7,5	7,8						
						7,9								7,7	7,7						
6,8		7,6	7,6							7,7								7,6	7,8		
				7,6	7,6																
												5,1	6,5								
																				7,6	7,8

Riedlinger 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
						7,6	7,9									7,7	7,6				
								7,7	7,8					7,9	7,9						
						7,6	8,0							7,6	7,6						
6,8		7,6	7,6							7,8								7,9	7,9		
				7,6	7,7																
												5,1	6,0								
																				7,7	7,7

Franken 1926

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
						7,6										7,8	7,9				
								7,6						7,7	8,0						
						7,7	7,7							7,8	8,0						
6,8		7,4	7,5							7,6	7,8							7,7	7,8		
				7,5	7,5																
												5,1	6,0								
																				7,5	7,5

Franken 1927

2,35		2,6		3,0		3,2		3,25		3,8		4,0		4,8		5,0		5,1		7,0 (Wasser)	
2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
						7,8	7,6									7,5	7,8				
								7,7	7,9					7,5	7,9						
						7,8	8,0							7,5	7,9						
6,5		7,3	7,3							8,0	7,8							7,8	8,0		
				7,9	7,7																
												5,3	6,8								
																				7,5	7,8

p_H-Abbau von gepufferten

Ausgangs-p_H-Wert 1/15 mol Lösung	4,4			5,3			5,6					
Ausgangs-p_H-Wert 1/15 + 1/8 mol										5,6		
Abgebauter p_H nach Tagen	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Weizen												
Hohenheimer S. W. alte Zucht .	5,4		5,6	5,2		5,3	5,8		5,8	5,8		5,9
Dippes Bordeaux 1926	5,5		5,6							5,8		6,0
Hohenheimer S. W. 25 f 1926 . .	5,2		5,5							5,8		5,9
Hafer entspelzt												
Hohenheimer 2A IV 1926	5,2		5,3							5,6		5,6
Kirsches gelb 1926	5,4		5,5							5,6		5,6
Hafer bespelzt												
Hohenheimer 2A IV 1926 . . .		6,0	6,0		5,9	6,1		6,0	6,1		6,2	6,3
Kirsches gelb 1926		6,0	6,0								6,2	6,2
		6 Tage										6 Tage
Festuca arundinacea 1926 . . .			5,3									5,8
Gerste												
Heines Goldhorpe 1926		6,2	6,2		6,0	6,2		6,0	6,2		6,3	6,3
Hohenheimer Riedlinger 1926 . .		6,1	6,2								6,2	6,3
Zeiners Franken 1926		6,0	6,0								6,2	6,3
Zeiners Franken 1927		6,0	6,0		5,8	5,8		5,8	5,8		6,0	6,1

Ausgangs-p_H-Wert 1/15 mol Lösung				7,38								
Ausgangs-p_H-Wert 1/15 + 1/8 mol	7,3						7,6			7,8		
Abgebauter p_H nach Tagen	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Weizen												
Hohenheimer S. W. alte Zucht .	7,3		7,2	7,38		7,38	7,4		7,4	7,6		7,6
Dippes Bordeaux 1926	7,3		7,2				7,4		7,4	7,6		7,6
Hohenheimer S. W. 25 f 1926 . .	7,3		7,2				7,4		7,4	7,6		7,6
Hafer entspelzt												
Hohenheimer 2A IV 1926 . . .	7,2		7,1				7,5		7,4	7,7		7,6
Kirsches gelb 1926	7,2		7,15				7,4		7,4	7,8		7,8
Hafer bespelzt												
Hohenheimer 2A IV 1926 . . .		7,3	7,3		7,4	7,4		7,6	7,6		7,8	7,75
Kirsches gelb 1926		7,3	7,3					7,6	7,6		7,8	7,7
		6 Tage						6 Tage				
Festuca arundinacea			7,3						7,6			
Gerste												
Heines Goldhorpe 1926		7,3	7,3		7,38	7,38		7,6	7,6		7,8	7,8
Hohenheimer Riedlinger 1926 . .		7,3	7,3					7,6	7,55		7,8	7,75
Zeiners Franken 1926		7,3	7,3					7,6	7,5		7,8	7,75
Zeiners Franken 1927		7,3	7,3		7,4	7,35		7,5	7,5		7,7	7,6

Phosphatlösungen während der Keimung

5,91									6,47						6,98			7,17		
			6,0			6,4						6,9								
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
5,95		5,95	6,0		5,9	6,4		6,2	6,47		6,4	6,9		6,7	6,9		6,8	7,1		7,0
			6,0		6,0	6,4		6,2				6,9		6,7						
			6,0		6,0	6,4		6,2				6,9		6,7						
			6,0		5,8	6,4		6,2				6,9		6,7						
			6,0		6,0	6,4		6,2				6,9		6,7						
	6,0	6,2		6,2	6,3		6,4	6,4		6,47	6,47		6,9	6,9		7,1	7,1		7,3	7,3
				6,2	6,2		6,4	6,4					6,9	6,9						
				6 Tage									6 Tage							
					7,0									6,8						
	6,0	6,2		6,4	6,4		6,4	6,4		6,5	6,6		6,9	6,9		7,05	7,1		7,2	7,2
				6,4	6,4		6,4	6,4					6,9	6,9						
				6,2	6,2		6,4	6,4					6,9	6,9						
	6,0	6,0		6,2	6,2		6,4	6,4		6,47	6,47		6,9	6,9		7,0	7,0		7,17	7,17

8,0			8,04			8,5			9,0			9,2			9,2		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7,8		7,7	7,8		7,7	7,8		7,8				7,8		7,8	7,5	7,5	7,5
7,7		7,6				7,8		7,8				7,8		7,8			
7,7		7,6				7,9		7,8				7,8		7,8			
7,8		7,8				7,8		7,8				7,9		7,9			
7,8		7,8				7,9		7,8				8,0		7,9			
				7,7	7,7		7,9	7,9		7,8	7,7		7,9	7,8		7,9	7,9
							7,9	7,8		7,6	7,6		7,9	7,8			
							6 Tage										
							8,3										
				7,6	7,6		7,9	7,8		7,9	7,7		7,8	7,8		7,8	7,8
							8,0	7,9		8,0	7,9		7,7	7,7			
							7,9	7,9		7,9	7,9		7,9	7,8			
				7,6	7,6		7,8	7,8					7,9	7,8		7,7	7,7

$NaOH + H_3BO_3$

Phosphorverbindungen befähigt sind, die primären und sekundären Phosphate im obigen Sinne zu verändern. Da nun die Endeinstellung im p_H-Wert beim Weizen 6,6 und bei den anderen Samen 7,8 bis 8,0 in Wasser und speziell in Säurelösungen ist, so könnte auch daran gedacht werden, daß dabei besonders die Lezithinphosphorsäure in erster Linie mitbestimmend wirkt, indem nach den vorliegenden Untersuchungen der Weizen den geringsten Anteil darin aufweist. Dementsprechend wäre es auch möglich, daß bei geringerem Lezithinphosphorsäuregehalt weniger lösliche Phosphate gebildet werden können und dementsprechend auch die Reaktionsveränderungen beeinflußt werden. Sollten für den höheren p_H-Abbau der bespelzten Samen noch andere Mineralbestandteile herangezogen werden, so wäre nach der chemischen Untersuchung der Samen vor allem der erhöhte Kieselsäure- und Kalkgehalt zu berücksichtigen.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Professor Dr. E. Lehmann herzlichst zu danken für die Überlassung des Themas und die weitgehende Unterstützung während der Ausführung dieser Arbeit.

Zusammenfassung

1. Die Keimung von Weizen-, Gersten-, bespelzten und entspelzten Hafersamen sowie der Samen von Festuca arundinacea verlief bei Verwendung geringer Flüssigkeitsmengen in den angeführten optimalen Lösungen von ungepufferter Salz-, Schwefel-, Salpeter- und Phosphorsäure besser als in den gleichen Mengen destillierten Wassers. Schlecht keimende Samen und Samen frischer Ernte wurden dabei in der Keimfähigkeit besonders gefördert.

2. Gepufferte Lösungen stehen in der Keimbeeinflussung ungepufferten Lösungen gegenüber an Wirksamkeit nach. In den gepufferten Lösungen aus HCl + KCl und HCl + NaCl mit einem p_H-Wert von 2,0 bzw. 3,0 keimten die Samen von Weizen, Gerste, bespelztem und entspelztem Hafer ohne besondere Schädigung den Wasserversuchen gegenüber; in den gepufferten Natriumphosphatlösungen war die Keimung von Weizen, Gerste, entspelztem Hafer und von Festucasamen im p_H-Bereich von 4,4 auf 6,0 z. T. gefördert oder indifferent beeinflußt, während die bespelzten Hafersamen in diesen Bereichen geschädigt wurden. In den übrigen verwendeten gepufferten Lösungen verlief die Keimung schlecht, und zwar so, daß mit steigendem Molekulargewicht der Lösung die Keimung um so mehr zurückgedrängt wurde.

3. Die keimfördernde Wirkung in sauren und alkalischen Lösungen ist nicht allein den H- oder OH-Ionen zuzuschreiben, sondern auch den dabei abdissoziierten Restionen. Dies ergibt sich hauptsächlich aus der viel größeren Keimenergie, welche besonders schlecht keimende Samen in ungepufferter Salpetersäure gegenüber den gleichen p_H-Lösungen von Salz-, Schwefel- und Phosphorsäure erfahren.

4. In den stark sauren Lösungen wirkt Phosphorsäure viel schädlicher auf die Keimung der untersuchten Samen als die anderen ungepufferten Säuren im selben p_H-Bereich. Es muß daraus geschlossen werden, daß die Schädigung der Phosphorsäure in diesen Bereichen nicht allein auf der Wasserstoffionenkonzentration, sondern auch auf der Normalität beruht, da die Phosphorsäure mit Erlangung derselben Normalität ebenso günstig wirkt wie Salz-, Schwefel- und Salpetersäure. Es müssen daher bei der Keimung dieser Samen Stoffe vorhanden sein oder gebildet werden, welche sich der Normalität der Säuren gegenüber auswirken, sei es durch Neutralisation oder durch sonstige chemische oder physikalische Prozesse.

5. Die Keimung von Getreidesamen in Lösungen von verschiedener Wasserstoffionenkonzentration ist mit einer Reaktionsveränderung des Keimmediums verbunden. Alle untersuchten Samen zeigen dabei die Eigentümlichkeit, sowohl aus sauren oder alkalischen, als auch aus gepufferten und ungepufferten Lösungen ein dem Neutralpunkt zu gelegenes Medium zu schaffen.

Abstract

1. The germination of the seed of wheat, barley, oats with glumes and without, and of *Festuca arundinacea* turned out better, if small quantities of liquid in the stated optimal solutions of unbuffered hydrochloric-, sulphuric-, nitric-, and phosphoric-acid than in the same quantities of distilled water. Badly germinating seed and that of the new harvest were especially promoted in their germinating capacity.

2. Buffered solutions are less effective in their influence on the germination than unbuffered solutions. In the buffered solutions of HCl + KCl and HCl + NaCl with a p_H value of 2,0 respect. 3,0, the seeds of wheat, barley, glumaceous and unglumaceous oats, germinated without noticable dammage in contrast to the trials in water; in buffered solutions of sodium phosphate the germination of wheat, barley, unglumaceous oats, or seed of Festuca was partly promoted or indifferently influenced in a p_H-interval of 4,4 to 6,0, while the gluminous oat seeds in these intervals were dammaged. In the other applied buffered solutions the germination turned out badly, in as far as with the increasing molecular weight of the solution the germination was lessened relatively.

3. The germ-promoting effect in acid and alkaline solutions can not be ascribed to the H- or OH-iones only, but also to the thereby dedissociated remaining iones. This is proved particularly by the far greater energy of germination which badly germinating seed shows in unbuffered nitric acid in comparison to the same p_H-solutions of hydrochloric-, sulphuric-, and phosphoric-acid.

4. In the strong acid solutions phosphoric-acid acts much more harmful to the germination of the investigated seeds than the other unbuffered acids in the same p_H-interval. From this it must be concluded, that the dammage by the phosphoric acid in these intervals is not dependent only on the hydrogen-concentration but on the normality also. Because the phosphoric acid, when it attains the same normality, acts as favorable as hydrochloric-, sulphuric- and nitric-acid. Therefore, in the germination of seeds there must be substances present or being formed, acting to the normality of the acids either by neutralisation or through other chemical or physical processes.

5. The germination of cereal seeds in solutions of different hydrochloric ion-concentrations is combined with a change of reaction of the germ-medium. All investigated seeds showed the pecularity thereby to form a medium, lying to the neutral point, from acid- or alkaline- as well as from buffered- and unbuffered-solutions.

Literaturverzeichnis

1. Adler, L., Über die Phosphatasen im Malz. Biochem. Zeitschr. 70, 1925, 1—36. — 2. André, G., Déplacement par l'eau des substances solubles contenues dans le plasma des tubercules de pommes de terre. C. R. Acad. Sci. Paris 153, 1911, 1497—1500. — 3. André, G., Déplacement par l'eau des substances nutritives contenues dans les graines. C. R. Acad. Sci. Paris 154, 1912, 1103—1105. — 4. Akemine, M., Zur Kenntnis der Keimungsphysiologie von Oryza sativa (Reis). Fühlings Ldw. Ztg. 63, 1914, 78—93. — 5. Arrhenius, O., Potential acidity of soil. Soil Science 14, 1922, 223. — 6. Arrhenius, O., Hydrogenion concentration, soil properties and growth of higher plants. Arkiv for Botanik 18, 1924, 1. — 7. Becker, A., Über den Einfluß der Samenbehandlung mit Reizchemikalien auf die Keimung und das Wachstum. Landw. Jahrb. 63, 1926, 501—556. — 8. Bokorny, T., Einwirkung einiger basischer Stoffe auf Keimpflanzen. Zentralbl. f. Bakter., Abt. II, 32, 1912, 587—605. — 9. Bokorny, T.,- Über den Einfluß verschiedener Substanzen auf die Keimung von Pflanzensamen. Bioch. Zeitschr. 50, 1913, 1—118. — 10. Bokorny, T., Einige orientierende Versuche über die Behandlung der Samen mit Giften zum Zwecke der Desinfektion. Bioch. Zeitschr. 62, 1914, 58—88. — 11. Brown, A. J., On the existence of a semipermeable membrane enclosing the seeds of some of Gramineae. Ann. of Botany 21, 1907, 79—87. — 12. Brown, A. J., The selective permeability of the coverings of the seeds of Hordeum vulgare. Proc. Roy. Soc. London, Abt. B, 81, 1909, 82—93. — 13. Buffum, B. C., Alkali studies: III. Germinating experiments with alkali salts. Wyo. Agr. Exp. Sta., 9th Ann., Rep. 1899, 3—40. — 14. Claudel et Chrochetelle, Influence de quelques substances employées comme engrais sur la germination. Annales Agronomiques 22, 1896, 131. — 15. Collins, E., The structure of the integumentory system of the barley grain in relation to localized water absorption and semipermeability. Ann. of Botany 32, 1918, 381—414. — 16. Czapek, F., Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen. Pringsh. Jahrb. 29, 1896, 321. — 17. Dachnowski, A., The effect of acid and alkine solutions upon the water relation and the metabolism of plants. Am.

Journ. Bot. 1, 1914, 412—440. — 18. DAHM, P., Untersuchungen über die Abhängigkeit der Endospermentleerung bei Zea Mays von verschiedenen Salzen. Pringsh. Jahrb. 63, 1924, 273—320. — 19. DEZANI, J., e BAROCELLI, T., Ricerche sulla fuoruscita di eletroletti dei semi germinanti. Atti R. Accad. Torino 50, 1915, 169—180. — 20. DIETRICH u. KOLBACH, Wochenschr. Brauerei 1922, S. 183. — 21. EBERHARD, C., Untersuchungen über das Vorquellen von Samen. Dissert. Jena 1906. — 22. EPERJESSY, G., Die Keimung einiger Weizensorten in sauren und alkalischen Lösungen. Mezögazdásagi Kutatasok, Budapest 1, 1928. — 23. FASSBENDER, G., u. GREVILLIUS, A. Y., Über die Einwirkung von Essigsäuredämpfen und verdünnter Essigsäurelösungen auf Pflanzen. Ldw. Versst. 52, 1899, 195—208. — 24. FILTER, P., Über die Wasseraufnahme und Keimung der Samen unter verschiedenen, namentlich erschwerenden Bedingungen der Wasserzufuhr. Diss. Berlin 1914. — 25. FISCHER, A., Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize. Ber. d. Bot. Ges. 25, 1907, 108. — 26. FLEISCHER, F., Beiträge zur Lehre vom Keimen der Samen der Gewächse. Hohenheim Programm, Stuttgart 1851. — 27. GASSNER, G., Einige neue Fälle von keimauslösender Wirkung der Stickstoffverbindungen auf lichtempfindliche Samen. Ber. d. Bot. Ges. 38, 1915, 217—232. — 28. GEHRING u. SANDER, Über die Verbreitung und Bedeutung der Bodenazidität. Zeitschr. f. Pflanzenern. u. Düngung, Bd. 2, 1923, 299—314. — 29. GOEBEL, K., Pflanzenbiologische Schilderungen 2, 1891, 211. — 30. GRACANIN, M., Orthophosphorsäure als Stimulator der Keimenergie und Aktivator der Keimfähigkeit der Samen. Biol. Zeitschr. 195, 1928, 457. — 31. HOAGLAND, D. R., The effect of hydrogen and hydroxylion concentration on the growth barley seedlings. Soil Science 3, 1917, 545—560. —32. HOLLRUNG, Die krankhaften Zustände des Saatgutes. Kühn-Archiv (Arbeiten aus dem landwirtschaftl. Institut Halle, 1919). — 33. KIESSLING, Untersuchungen über die Keimreifung des Getreides. Landw. Jahrb. f. Bayern 2, 1911, 449—514. — 34. KOLTHOFF, J. M., Der Gebrauch von Farbindikatoren, ihre Anwendung in der Neutralisationsanalyse und bei der colorimetrischen Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration. Berlin 1926. — 35. LEHMANN, E., u. AICHELE, F., Keimungsphysiologie der Gräser. Stuttgart 1931. — 36. LEMMERMANN, O., u. FRESENIUS, L., Untersuchungen über die Azidität der Böden und ihre Wirkung auf die keimende Pflanze. Zeitschr. f. Pflanzenern. u. Düngung A, 1, 1922, 12—31. — 37. LÖIBL, H., Zur Biochemie der Keimung von Zerealiensamen. Zeitschr. Ges. Brauwes. 46, 1923, 30. — 38. LUNDEGÅRD, H., Botaniska Notiser 23, 1923. — 39. LUNDEGÅRD, H., Studien über die Wirkung der pflanzenpathologischen Beizmittel. Biol. Zentrbl. 44, 1924, 465—487. — 40. LUNDEGÅRD, H., Über die Interferenzwirkung von Wasserstoffionen und Neutralsalzionen auf Keimung und Wachstum von Weizen. Biochem. Zeitschr. 149, 1924, 207. — 41. LÜERS, H., Studien über die Reifung der Zerealien. Bioch. Zeitschr. 104, 1920, 30—81. — 42. LÜERS, H., u. ADLER, L., Die Entstehung und Bestimmung der Säure in Malz und Gerste und ihren Extrakten. Zeitschr. Nahrungs- u. Genußm. 29, 1915, 281—316. — 43. MICHAELIS, L., Die Wasserstoffionenkonzentration, ihre Bedeutung für die Biologie und die Methoden ihrer Messung. Berlin 1922. — 44. MICHEELS, H., Action des solutions aqueuses d'électrolytes sur la germination. Bull. Ac. de Belg. Cl. Sci. 1909, 1076—1118 u. 1912 S. 753—765. — 45. MÜLLER, Über den Einfluß der Bodenreaktion auf die Keimung von Wiesengräsern und Kleepflanzen. Fortschr. d. Landw. 1, 1926, 52-56. — 46. NOBBE, Handbuch der Samenkunde. Berlin 1876. — 47. ONODERA, J., Untersuchungen über die Beschädigung der Pflanzen durch Säuren und über die Reizwirkungen der Samen auf Pflanzen. Ber. Ohara Inst. Japan 1, 1916, 53—109. —

48. PETRI, L., Influenza della concentratione degli ioni di H dell aqua di rigonfiamento sull'energia germinativa delle carriossidi di grano trattate col metodo Jensen. Bolletino R. Staz. Pathol. Veg. Roma 6, 1926, 121—171. — 49. PLATE, F., Ricerche sui fenomeni d'imbibizione dei semi di Avena sativa. Rendiconti R. Acad. dei Lincei Cl. Sci. Fis. etc. Ser. 5, 22, 1913, 133—140. — 50. PLAUT, M., Die Wirkg. v. warmen Beizmitteln u. Vers. zur Stimulation. Angew. Bot. VII, 1925, 153—184. — 51. PLAUT, M., Üb. d. Einfluß d. Temperatur d. Beizmittellösungen a. der. Wirkung. Pflanzenbau 1925, 20. — 52. PRIOR, E., Chemie und Physiologie des Malzes und des Bieres. Leipzig 1896 und Zeitschr. Bierbrau. u. Malzfabrik 1896, S. 109. — 53. PROMSY, G., De l'influence de l'acidité sur la germination. C. R. Ac. Sci. Paris 152, 1911, S. 450 und Thèse Fac. Sci. Paris 1912. — 54. ROSSMANITH, R., Über den schädigenden Einfluß des gasförmigen Ammoniaks auf Keimlinge. Fortschritte der Landwirtschaft 2, 1927, 384—388. — 55. RUDOLFS, W., Effect of seeds upon hydrogen ion-concentration of solutions. Bot. Gaz. 74, 1922, 215—220. — 56. RUDOLFS, W., Effect of salt solutions having definite osmotic concentration values upon absorption by seeds. Soil Sci. 1921, 277—293. — 57. RUDOLFS, W., Effects of seeds upon hydrogen ion-concentration equilibrium in solution. Journ. Agr. Res. 30, 1925, 1021—1026. — 58. SALTER, R. M., and MOLLVAINE, T. C., Effect of reaction of solution on germination of seeds and on growth of seedlings. Journ. Agr. Res. 19, 1920, 73—95. — 59. SCHRÖDER, H., Über die selektiv permeable Hülle des Weizenkorns. Flora, N. F. 2, 1911, 186—208. — 60. SHIVE, J. W., The effect of salt concentration on the germination of seeds. N. J. Exp. Sta. 37th Ann. Rep. 1916, 455—457. — 61. SIGMUND, W., Über die Einwirkung chemischer Agentien auf die Keimung. Landw. Vers.-Stat. 47, 1896, 1—58. — 62. SLOSSON, E. E., Alkali studies IV. Wyo Agr. Exp. Sta. 9th Ann. Rep. 1899, 3—29. — 63. TRAUBE, J., u. MARUSAWA, T., Über Quellung und Keimung von Pflanzensamen. Intern. Zeitschr. Phys. Chem. Biol. 2, 1916, 370—393. — 64. WOLFE, H. S., Absorption of water by barley seeds. Bot. Gaz. 82, 1926, 89—103. — 65. YOKOI, T., On the effect of steeping on rice seeds. Bull. Coll. Agr. Tokyo Imp. Univ. 3, 1898, 469—473. — 66. ZÖBL, A., Wie lange behalten die Pflanzensamen ihre Keimfähigkeit unter Wasser? Haberlandts wiss. prakt. Unterschg. Pflanzenbau Wien 1, 1875, 89—97.

Großdruckerei Paul Dünnhaupt, Köthen (Anhalt)

Lebenslauf

Ich wurde am 21. März 1893 in Boll O./A. Göppingen als Sohn des Gasthofbesitzers und Landwirts Tobias Maximilian Aichele und seiner Ehefrau Maria geb. Zeller geboren und besuchte die Oberrealschule in Göppingen, welche ich im März 1910 verließ, um mich der Pharmazie zu widmen. Mein Hochschulstudium begann ich im Oktober 1914 an der Technischen Hochschule in Stuttgart. Im Dezember 1914 trat ich als Kriegsfreiwilliger in das Heer ein und begann im Sommerhalbjahr 1917 mein Studium von neuem, nachdem ich durch Verwundung kriegsuntauglich geworden war. Im Mai 1919 bestand ich das Pharmazeutische Staatsexamen sowie den anorganischen Teil des Chemiker-Verbandsexamens. Nach weiterem Studium an der Technischen Hochschule in Stuttgart und Frankfurt a. M. legte ich im Juli 1920 die Verbandsprüfung in organischer Chemie, sowie im Dezember 1921 das Staatsexamen als Nahrungsmitelchemiker ab. Von Juli 1920 bis Oktober 1920 praktizierte ich am Chemischen Untersuchungsamt der Stadt Stuttgart und war von Oktober 1920 bis September 1923 als wissenschaftlicher Assistent an der Landesanstalt für Landwirtschaft-technische Gewerbe an der Hochschule in Hohenheim tätig und hierauf bis jetzt als Nahrungsmittelchemiker am Hygienischen Institut der Universität Tübingen. Außerdem widmete ich mich ab 1924 während 6 Semestern naturwissenschaftlichen Studien an der Universität in Tübingen.

Fritz Aichele.